BERNARD GROB

TELEVISION PRACTICA Y SISTEMAS DE VIDEO



BERNARD GROB

Instructor, Technical Career Institutes, Inc.
(antiguamente, RCA Institutes, Inc.)

TELEVISION PRACTICA Y SISTEMAS DE VIDEO



marcombo
BOIXAREU EDITORES

BARCELONA-MEXICO

Título de la obra original
Basic television and video systems
Fifth edition
Copyright by McGraw-Hill, Inc., New York

Traducción de
Luis Ibáñez Morlán

ISBN: 84-267-0781-5
ISBN: 0-07-024933-4, McGraw Hill Book Company, New York, edición original
Depósito Legal: B. 7826-1990
Impreso en España
Printed in Spain
Composición: Ormograf, S.A. - Caspe, 108 - 08010 Barcelona
Impresión: Ingoprint, S.A. - Maracaibo, 11 - 08030 Barcelona

Indice

PROLOGO

Este libro es apropiado para un curso de televisión y sistemas de vídeo y su principal objetivo es el estudio de los principios de funcionamiento y del servicio. En él se pretende dotar al estudiante de los conocimientos fundamentales de los circuitos electrónicos y especialmente los concernientes a las comunicaciones.

El estado actual de la técnica en televisión ha avanzado tan rápidamente que funciones relativamente complejas en que intervienen numerosos componentes y circuitos han sido reducidos a un solo circuito integrado. Por consiguiente, más que a los propios elementos de circuito, en este texto se dedica una preferente atención a las funciones del circuito. Por esta razón la clave para la comprensión de los sistemas es el diagrama de bloques. Esto no significa que no sean necesarios los esquemas de circuito y que se prescinda de ellos, sino que aquí se utilizan principalmente para destacar características especiales tales como las fuentes de alimentación de la tensión de exploración y los demoduladores de color.

El término *vídeo* se utiliza en este texto en su más amplia acepción. El propio receptor de televisión ha llegado a ser un instrumento que rebasa el campo de aplicaciones del receptor de teledifusión y en esta edición se refleja el cambio. Lo mismo que en las ediciones anteriores, en todo el libro se sigue el método utilizado en el servicio. Un capitulo final sobre pruebas y verificaciones reúne todas estas técnicas.

Organización. Los primeros diez capítulos de este texto están dedicados a las cámaras, tubos de imagen y señales de video. El capítulo 11 explica la transmisión en los canales de difusión de televisión para la señal AM de imagen y la señal FM de sonido.

En los capitulos 12 a 14 se estudian los receptores de televisión, comenzado por los requerimientos generales para los circuitos de señal, circuitos de trama y circuitos de sincronismo. Estos principios son aplicables a los receptores monocromáticos así como a los de color. En el capitulo 14 se estudian las caracteristicas especiales de los receptores de TV en color. En su exposición se utiliza el método de diagramas de bloques para describir principalmente las funciones ya que en muchos circuitos se emplean integrados (CI). En el capítulo 15, "Televisión por cable", se explica cómo se utiliza un receptor de TV con los canales de cable. Finalmente, el capítulo 16 describe el equipo de verificación o prueba, y especialmente los generadores de señal y los osciloscopios, así como los métodos prácticos para localizar las averías en los videograbadores de cassette y los requerimientos de ajuste para las videocámaras.

Complementos didácticos. Para facilitar el estudio, cada capítulo comienza con una corta introducción y una lista de las cuestiones principales. Esto ayuda al lec-

tor a tener una primera idea del material incluido en el capítulo. Después de cada sección se incluye en el texto un cuestionario de prueba, del que se dan las soluciones al final de cada capítulo.

Al final de cada capítulo hay también un resumen de los puntos principales y un grupo de preguntas de autoexamen. Las soluciones a estas preguntas se encuentran al final del libro.

Para ayudar al profesor, al final de cada capítulo hay una variedad de preguntas de ensayo. Estas preguntas pueden referirse a las definiciones o a las ilustraciones, o al trazado de dibujos. También se incluye un grupo de problemas numéricos en casi todos los capítulos cuando sean aplicables trabajos cuantitativos. Los cálculos incluyen los principios básicos tales como constantes de tiempo *RC*, unidades de decibelios y la resonancia.

Las preguntas especiales al final de los capítulos tienen dos finalidades. Algunas de las preguntas son subjetivas, para saber lo que piensa el alumno en lo relativo a sus conocimientos adquiridos concernientes a la televisión. Otras preguntas son para los alumnos más avanzados.

Reconocimiento. Los esquemas y fotografías han sido facilitados por varias compañías del campo de televisión y video, tal como se hace constar en cada ilustración. Expreso aquí mi agradecimiento. También deseo agradecer a mi colega Gerald McGinty su valiosa colaboración por la revisión de todo el manuscrito.

Finalmente, me complazco en agradecer a mi esposa Ruth su ayuda y constante estímulo.

Bernard Grob

1

Aplicaciones de la televisión

La palabra *televisión* significa "ver a distancia". En nuestro sistema práctico de difusión de televisión, la información visual de la escena es convertida en una señal vídeo eléctrica para su transmisión al receptor. Las variaciones eléctricas que corresponden a los cambios de valores de luz forman la *señal vídeo*. En el receptor, la señal vídeo se utiliza para ensamblar la imagen en la pantalla fluorescente del tubo de imagen, como ilustra la figura 1-1. En la televisión monocromática, la imagen es reproducida en blanco y negro y en distintos sombreados de gris. En televisión en color, las partes principales de la imagen son reproducidas en todos sus colores naturales como combinaciones de rojo, verde y azul.

Originalmente, las técnicas de televisión fueron desarrolladas para difusión comercial, pero la aptitud para reproducir imágenes electrónicamente ha resultado tan útil que actualmente se utilizan en muchas más aplicaciones, como en la enseñanza, la industria, los negocios y comunicaciones en general. Se puede ver un programa de un país extranjero retransmitido por satélite o bien registrarlo en un videograbador de cassette o practicar con juegos grabados en videocassette en su pantalla de televisión. La misma idea se aplica al uso del receptor de TV como visualizador de un sencillo ordenador personal. Los ejemplos se muestran en las figuras 1-2 y 1-3. La pantalla del televisor puede ser monocromática o en color. Algunas de las aplicaciones principales de las señales vídeo y de los sistemas de televisión se describen en las siguientes secciones:

1-1 Señales de vídeo, audio, televisión y radio
1-2 Difusión de televisión
1-3 Operaciones en el estudio de televisión
1-4 Grabadores de videocinta
1-5 Televisión por cable (CATV)
1-6 Televisión de circuito cerrado (CCTV)
1-7 Centro de vídeo doméstico recreativo
1-8 Terminal de datos de videotexto
1-9 Desarrollo de la difusión de televisión



Fig. 1 - 1. Imagen reproducida en la pantalla fluorescente del tubo de imagen en color en el receptor de TV. (RCA.)



Fig. 1 - 2. Ordenador personal con el que se utiliza el televisor para la visualización. (Texas Instruments Incorporated.)



Fig. 1 - 3. Juego de vídeo Odyssey conectado a un televisor en el canal 4 para la visualización. (N.A.P. Consumer Electronics Corp.)

1-1 Señales de vídeo, audio, televisión y radio

Hay tantos usos de estas señales que está justificado considerar el propósito específico de cada una. *Vídeo* es una palabra que proviene del latín que significa "yo veo". Análogamente, *audio* significa "yo oigo". Los dos términos corresponden, respectivamente, vídeo a la luz y audio al sonido. La comparación está ilustrada en la figura 1-4. En el sistema audio más conocido, representado en la figura 1-4 *a*, el micrófono convierte las ondas de sonido en variaciones eléctricas de la señal audio. El altavoz recibe esta señal audio en los terminales de entrada, ya sea por conexión directa o como parte de un sistema de radiodifusión. Luego el altavoz reproduce el sonido original captado por el micrófono.

En la figura 1-4 *b*, el tubo de cámara convierte en su entrada la luz en las correspondientes variaciones eléctricas de la señal vídeo. El tubo de cámara es para la señal vídeo lo que el micrófono es para la señal audio. Al final del sistema vídeo, el tubo de imagen convierte la tensión de la señal vídeo de la entrada en la luz de la salida. La información vídeo es reproducida en la pantalla del tubo de imagen tal como se veía en la escena del tubo de cámara.

Diferencia entre señal vídeo y señal audio. La imagen luminosa se convierte en una señal eléctrica

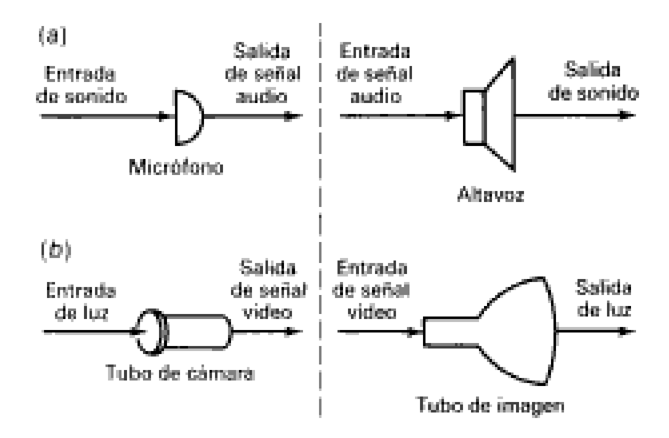


Fig. 1-4. Uso de las señales de audio y vídeo en electrónica. (a) *Señal audio para el sonido.* (b) *Señal vídeo para la imagen.*

correspondiente a una pequeña área cada vez. La señal vídeo producida por el tubo de cámara consiste en las variaciones secuenciales respecto al tiempo para diferentes áreas. Por esta razón, es necesario un procedimiento de exploración para cubrir toda la imagen, punto por punto de izquierda a derecha y línea por línea desde la parte superior a la inferior. La exploración es muy rápida; la de una línea horizontal dura sólo 63,5 microsegundos (μs). A causa de las rápidas variaciones, la señal vídeo tiene frecuencias altas, hasta aproximadamente 4 megahercios (MHz).

Además, el procedimiento de exploración requiere el uso de impulsos de sincronismo con la señal vídeo, para sincronizar la exploración en el tubo de cámara y en el tubo de imagen. En el tubo de imagen, las pequeñas áreas de iluminación o sombra y de color, cuando éste interviene, son reensambladas en la posición correcta para crear la imagen en su conjunto.

Señales de la banda base vídeo y audio. Para las señales vídeo o audio, el margen de frecuencias es lo que se llama *banda base*. Esas frecuencias corresponden realmente a la información visual o acústica deseada, sin complicaciones adicionales tal como codificación o modulación para funciones especiales. En los sistemas audio, las frecuencias de las bandas base son de 20 a 20.000 hercios (Hz), aunque comúnmente para sonido de alta fidelidad se utiliza la banda de 50 a 15.000 Hz. En los sistemas vídeo, las frecuencias de la banda base son desde 0 Hz para corriente continua hasta 4 MHz. La señal de la banda base puede ser aplicada a un reproductor con altavoz para reproducir el sonido deseado. También puede ser alimentada la señal de la banda base de vídeo a un tubo de imagen para reproducir la imagen deseada.

La razón de convertir la información de sonido y visual en señales eléctricas de la banda base es que así pueden ser amplificadas convenientemente. Por lo demás, el proceso de la señal por los circuitos electrónicos es el adecuado para varios usos.

Señales de radiodifusión. En la transmisión inalámbrica o por radio, la señal de la banda base de audio se utiliza para modular una onda portadora de radiofrecuencia (RF). La modulación es necesaria porque las frecuencias audio son demasiado bajas para que su radiación sea eficiente. Por otra parte, para diferentes estaciones se utilizan diferentes frecuencias portadoras. El receptor puede ser sintonizado a cada frecuencia portadora. En el receptor, la señal RF modulada es detectada para recuperar la información original de audio.

Señales de difusión de televisión. En la difusión de televisión se aplica la misma idea que en la de radio. La señal de la banda base de vídeo modula una onda portadora de alta frecuencia para su transmisión inalámbrica. En el receptor, el detector vídeo recupera la señal vídeo original. La difusión de televisión es muy análoga a la difusión de radio, excepto que para la modulación vídeo se utiliza la señal de imagen. La señal de sonido asociada es también transmitida en una onda portadora separada. Todos estos sistemas requieren ondas electromagnéticas de radiofrecuencia para la transmisión. En la teledifusión, o difusión de televisión, se utiliza modulación de amplitud (AM) para la señal de imagen y modulación de frecuencia (FM) para la señal de sonido asociada.

Preguntas de prueba 1-1
Respuestas al final del capítulo

a. ¿A cuál es análogo el tubo de imagen: a un micrófono o a un altavoz?
b. Nombrar dos señales de la banda base.
c. ¿Cuáles tienen frecuencias más altas: las señales de audio o las de vídeo?

1-2 Difusión de televisión

El término *difusión* significa "enviar en todas las direcciones". Tal como muestra la figura 1-5, la

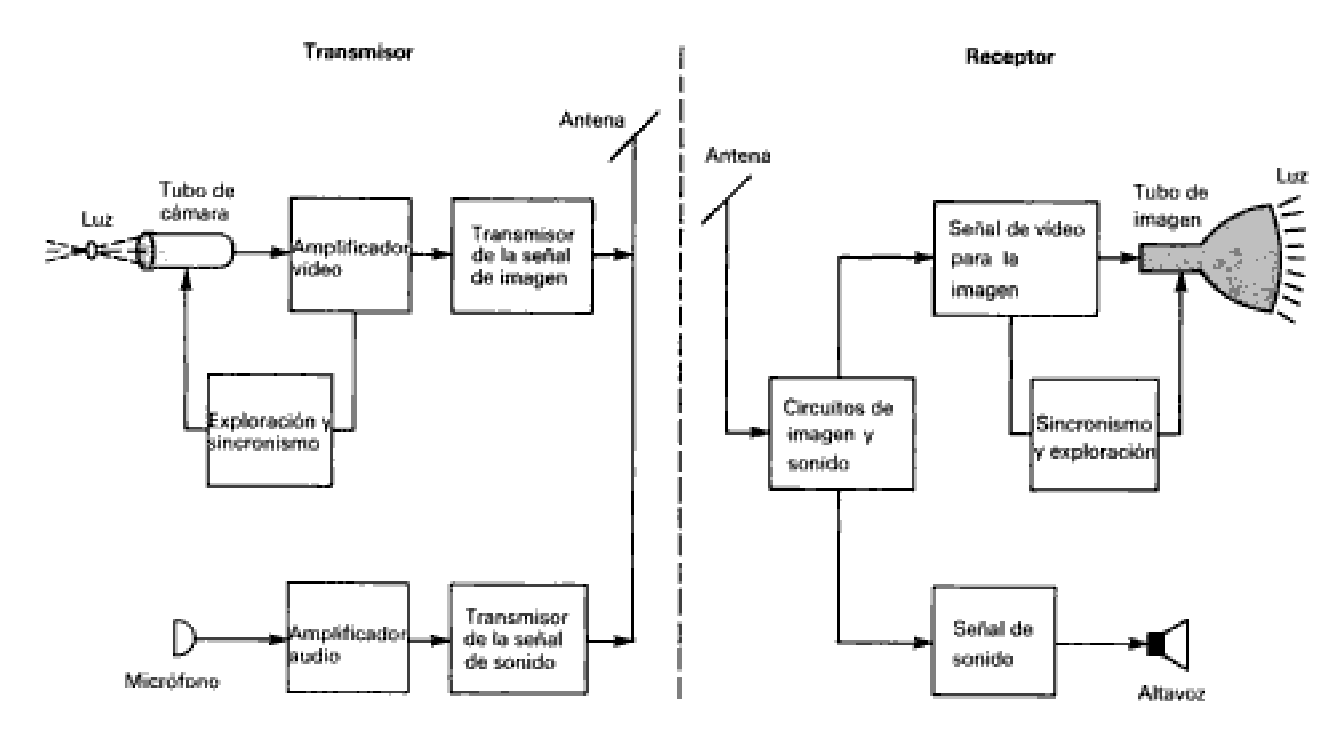


Fig. 1 - 5. Diagrama de bloques del sistema de difusión de televisión.

antena transmisora radia ondas electromagnéticas que son captadas por las antenas receptoras. El transmisor de televisión tiene dos funciones: transmisión de imagen y de sonido. Ambas señales AM de imagen y FM de sonido son emitidas desde la misma antena transmisora.. El radio del área de servicio es aproximadamente 75 millas (121 km) en todas las direcciones desde el transmisor.

En la transmisión de la imagen, el tubo de cámara convierte la imagen óptica en una señal de vídeo. El tubo de cámara es un tubo de rayos catódicos (TRC) con una placa de imagen fotoeléctrica y un cañón electrónico confinados por una envolvente de vidrio en la cual se ha practicado el vacío. Un tipo comúnmente empleado es el vidicón representado en la figura 1-6. Fundamentalmente, el tubo de cámara capta una imagen óptica de la escena en su placa fotoeléctrica, la cual es explorada en líneas horizontales por el haz electrónico. La exploración se hace de izquierda a derecha y de arriba abajo, o sea, desde la parte superior hasta la inferior, tal como es captada por la cámara. La exploración del cuadro completo de imagen dura $^1/_{30}$ s, comprendiendo un total de 525 líneas de exploración. Por tanto, la salida del tubo de cámara es una secuencia de variaciones eléctricas —la señal de vídeo— que corresponde a la información de imagen. La señal vídeo es amplificada, y son añadidos los impulsos de sincronización o sincronismo. La modulación de amplitud de la portadora de imagen da por resultado la señal AM de imagen.

La antena receptora intercepta ambas señales portadoras de imagen y de sonido. Las señales son amplificadas y luego detectadas para recuperar la modulación original. La salida del detector vídeo incluye la señal de vídeo necesaria para reproducir la imagen.

Luego es amplificada la señal vídeo detectada lo suficiente para excitar el circuito rejilla-cátodo del tubo de imagen. Como muestra la figura 1-7, el tubo de imagen es muy parecido al TRC utilizado en un osciloscopio. La placa frontal de vidrio tiene un revestimiento fluorescente en su superficie interior. El cuello estrecho contiene el cañón electrónico. Cuando el haz de electrones incide en la pantalla de fósforo, ésta emite luz.

Cuando la tensión de la señal vídeo hace que la rejilla de control sea menos negativa, la corriente del haz aumenta, haciendo que el punto luminoso de la pantalla sea más brillante. La salida de luz máxima es un punto blanco en la imagen.

Por el contrario, una tensión más negativa de rejilla reduce el brillo, y si la tensión de rejilla es



Fig. 1 - 6. Tubo de cámara vidicón. Su longitud es de 6 pulgadas (152,4 mm). (RCA.)



Fig. 1 - 7. Tubo monocromático de imagen tipo 12BNP4. El cañón electrónico está en el cuello estrecho. La diagonal de pantalla es de 12 pulgadas (304,8 mm). P4 indica pantalla de fósforo blanco. (RCA.)

suficientemente negativa para cortar o suprimir la corriente del haz electrónico en el tubo de imagen, la luz desaparece. Este valor corresponde al negro en la pantalla.

El diagrama de bloques de la figura 1-5 ilustra el sistema monocromático. En la televisión en color se utilizan una cámara y un tubo de imagen en color. La cámara en color provee las señales vídeo para la información de imagen de rojo, verde y azul. Análogamente, el tubo de imagen reproduce la imagen en rojo, verde y azul con todas sus mezclas de color incluyendo el blanco.

Canales de difusión de televisión. La banda de frecuencias utilizada para la transmisión de las señales de vídeo y audio, o sea, de imagen y sonido, es lo que se llama *canal* de televisión. Cada estación de TV tiene asignado un canal cuya anchura es de 6 MHz con una determinada frecuencia portadora asignada en EE.UU. por la Federal Communications Commission (FCC). Como muestra la tabla 1-1 todos los canales de televisión caen dentro de tres bandas:

TABLA 1-1
CANALES DE TELEVISIÓN

NÚMERO CANAL	BANDA DE FRECUENCIA, MHz	DESCRIPCIÓN
1	No utilizado	
2	54-60	Banda baja de canales VHF
3	60-66	
4	66-72	
5	76-82	
6	82-88	
	88-108	Banda de FM
7	174-180	Banda alta de canales VHF
8	180-186	
9	186-192	
10	192-198	
11	198-204	
12	204-210	
13	210-216	
14-83	470-890	Canales UHF

1. Canales de la banda baja de muy alta frecuencia (VHF): 2 a 6.
2. Canales de banda alta de VHF: 7 a 13.
3. Canales de ultraalta frecuencia (UHF): 14 a 83.

Recuérdese que el margen es de 30 a 300 MHz para VHF y de 300 a 3000 MHz para UHF.

En las tres bandas, cada canal de TV tiene un ancho de 6 MHz. Este ancho de banda es necesario para acomodar la modulación con frecuencias vídeo de hasta 4 MHz, incluyendo la señal de croma de 3,58 MHz para la televisión en color. Los 3,58 MHz son para el color. También está incluida en el canal la señal FM de sonido.

Las frecuencias RF portadoras de imagen y sonido están siempre separadas exactamente 4,5 MHz en todos los canales. El valor de 4,5 MHz corresponde a la *frecuencia de la interportadora de sonido*.

Los siguientes comentarios son aplicados a la tabla 1-1. Inicialmente, cuando comenzó la televisión, el canal 1 era difundido en 44 a 50 MHz, pero ahora esta banda está asignada a otros servicios. Entre los canales 4 y 5 se utilizan las frecuencias de 72 a 76 MHz para servicios de radio, incluyendo el de navegación aérea. La banda FM de difusión comercial de 88 a 108 MHz está inmediatamente encima de la banda correspondiente al canal 6 de TV, pero este servicio no corresponde al de difusión de televisión. En 1952 fueron añadidos los canales 14 a 83 de UHF para crear más estaciones de televisión. No se han hecho asignaciones en los canales 69 a 83 de UHF porque estas frecuencias se utilizan para servicios móviles de radio. En el apéndice A están reseñados todos los canales de TV.

En el receptor se utiliza el sintonizador de RF para seleccionar la estación deseada. Con dos sintonizadores rotatorios, uno para VHF y otro para UHF, el receptor puede sintonizar ambos canales. La posición del canal 1 en el sintonizador VHF se utiliza para conmutar el sintonizador de UHF.

En los canales de VHF y UHF las señales se propagan por transmisiones en línea óptica o visual desde la antena transmisora hasta la antena receptora. Las señales radiadas no siguen normalmente la curvatura de la Tierra y no hay reflexiones en la ionosfera, tal como ocurre con las señales de radio en frecuencias más bajas. La transmisión en línea visual hace que la altura de la antena sea importante para conseguir una buena cobertura de las señales de teledifusión.

La FCC asigna en EE.UU. los canales de televisión y mantiene normas técnicas estrictas. Cada estación debe satisfacer las especificaciones de la FCC y de servicio de la comunidad. Las licencias son revisadas a intervalos regulares y el público es instado a participar en el proceso de renovación de la licencia.

Preguntas de prueba 1-2
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Es el vidicón un tubo de cámara o un tubo de imagen?
b. ¿Cuál es la frecuencia subportadora de la señal de croma?
c. ¿En qué frecuencias es radiado el canal 2 de TV?
d. ¿Para qué se utiliza la máxima corriente del haz en el tubo de imagen: para el blanco de la imagen, o para el negro?

1-3 Operaciones en el estudio de televisión

En los primeros días de la televisión, la mayor parte de los programas se emitían "en vivo", y cada estación utilizaba cámaras de estudio para generar su propia programación. Una red proporcionaba los programas que cubrían diferentes áreas en todo el país. Las principales redes en EE.UU. son Columbia Broadcasting Company (CBS), American Broadcasting Company (ABC) y National Broadcasting Company (NBC), que es propiedad de la RCA. La distribución de los programas de la red se hace por medio de la Bell Telephone. Se emplean enlaces de microondas y de cable de banda ancha. Ahora casi todas las redes de estaciones utilizan satélites de TV. Los detalles de la televisión por satélite se explican en el capítulo 11.

Los programas adicionales de televisión utilizan películas de 35 mm. Una cámara de película de televisión convierte la imagen óptica en señal vídeo de un tubo de cámara.

Hoy día, la mayoría de programas de televisión son producidos y almacenados en cinta. El grabador de cinta vídeo (VTR) hace en los programas de vídeo lo que la cinta de audio y las grabaciones fonográficas hacen en los programas de audio. La ventaja principal es que este programa puede ser grabado en cinta cuando más convenga y almacenado para su difusión en una fecha posterior. También los anuncios de la publicidad pueden ser almacenados en videocinta. Otra ventaja

es que los programas recibidos por microondas directamente o retransmitidos por satélite pueden ser grabados para luego ser radiados cuando se desee por la estación.

Enlace estudio-transmisor (STL). Generalmente el estudio en que se originan las señales de vídeo y audio y donde están alojadas las máquinas de cinta está situado en una zona céntrica de la ciudad, de fácil acceso para las personas que producen el programa. O éste puede ser originado fuera del estudio. Pero el transmisor está en un emplazamiento distante, usualmente en un edificio muy alto. Las señales de vídeo y audio de banda base son enviadas al transmisor por enlaces de microondas o por sistemas de cable de banda ancha provistos por la Compañía Telefónica. En muchos casos el transmisor tiene su propio enlace de microondas (STL). La estación emisora utiliza antenas de microondas en los emplazamientos del estudio y del transmisor. El reflector parabólico de microondas que aparece en la torre de la figura 1-8 sirve para este propósito. Los sistemas STL trabajan en las bandas de 2 y 12 gigahercios (GHz), que son asignadas a la estación por la FCC.

Equipo electrónico de reportaje (ENG). Cuando se perfeccionó el grabador de videocassette (VCR) para satisfacer los mínimos requerimientos de la radiodifusión, se creó el sistema electrónico de reportaje para la recogida y difusión de noticias. Incluye una cámara de TV portátil y el VCR. La cámara es de una compacidad extremada. Tanto la cámara como el VCR funcionan con una batería de acumuladores incorporada en el conjunto de equipo portado por el operador de la cámara. Este sistema reemplaza al de cámara cinematográfica portátil. La señal de la unidad ENG está disponible inmediatamente. La cinta puede ser enviada al estudio para su posterior reproducción, o pueden ser retransmitidas las señales de banda base de vídeo y audio por un enlace de microondas para su retransmisión en directo.

Producción electrónica en el exterior (EFP). El sistema EFP utiliza el mismo tipo de equipo de vídeo portátil compacto que el de la aplicación ENG. El propósito del EFP es generar un programa recreativo en diferentes lugares fuera del estudio. Un ejemplo es el programa documental o una entrevista en algún domicilio particular.

Conmutación y mezcla. Todas las cámaras y máquinas de videocinta están sincronizadas por un

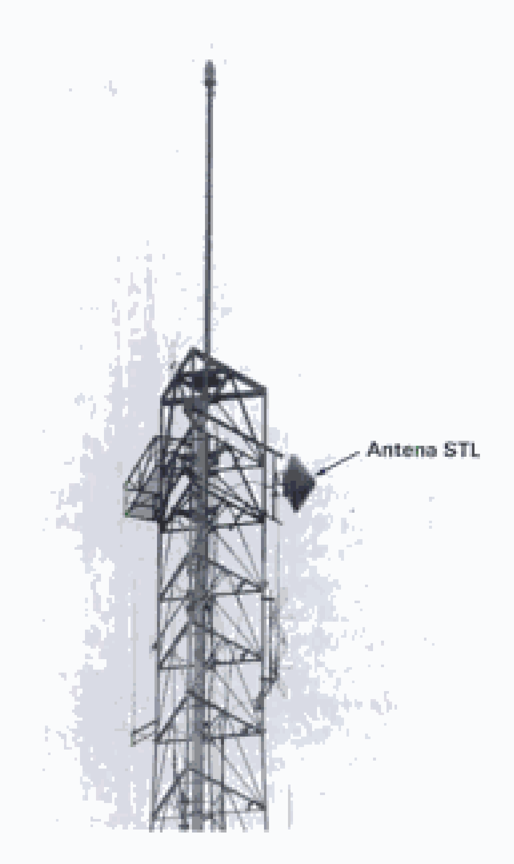


Fig. 1 - 8. Reflectores parabólicos de antena de microondas utilizados para enlace entre el estudio de televisión y el transmisor.

generador principal de sincronismo para que la exploración sea la misma para todas las fuentes. Este método permite la conmutación electrónica entre programas de VTR, alimentaciones por línea, y máquinas especiales de cassette que almacenan las grabaciones de publicidad. Cuando se contempla la imagen no existe perturbación porque la conmutación se efectúa en el intervalo de borrado vertical. Durante este tiempo queda oscurecida la pantalla, mientras que el haz electrónico de exploración retrocede desde la parte inferior del cuadro hasta la parte superior. El tiempo de borrado vertical es relativamente largo, aproximadamente 1.300 μs.

En los pequeños estudios la conmutación se efectúa manualmente en la consola central de control. En las operaciones de grandes redes la conmutación está completamente controlada por ordenador, incluso para las grabaciones de publicidad. Es una práctica común utilizar un par de

máquinas que graban cintas idénticas. Así, si una grabación falla, la otra es conmutada automáticamente.

Edición electrónica. La película cinematográfica es editada mecánicamente cortándola y empalmando los dos extremos en la unión de un cuadro. Pero la videocinta se edita electrónicamente. Nunca se corta mecánicamente la cinta, sino que se la edita electrónicamente borrándola y luego grabando sobre un segmento en particular. La figura 1-9 muestra una máquina de VCR para editar videocintas. La consola de control puede estar situada en cualquier lugar del edificio, pero los dos grabadores son controlados desde la consola editora. Una máquina de cinta es reproductora (la alimentación o fuente). La otra es el grabador que realiza electrónicamente la unión o empalme. La edición electrónica hace posible realizar un programa completo en la cinta partiendo de varias piezas separadas de videocinta.

Generador de efectos especiales (SEG). La producción de efectos especiales en la imagen es otra de las tareas que se realizan en el estudio. La unidad representada en la figura 1-10 se utiliza para la conmutación y el desvanecimiento entre señales vídeo de fuentes separadas, tales como cámaras o máquinas de cinta. Se pueden producir efectos visuales adicionales cambiando de una fuente a otra.

Existen métodos especiales para la conmutación de señal. Uno de los métodos es el *desvanecimiento hasta el negro* para hacer desaparecer la señal. Para hacer que una señal se desvanezca mientras otra aparezca se puede utilizar un par de controles en la consola de conmutación. O bien se puede hacer que la imagen de una fuente se oscurezca individualmente.



Fig. 1 - 9. Equipo para edición electrónica de videocinta. (Sony Corporation.)



Fig. 1 - 10. Generador de efectos especiales para las operaciones del estudio de televisión. (U.S. JVC Corp.)

Se puede utilizar la conmutación en el área de imagen para crear efectos visuales especiales. En el efecto de empalme en pantalla, la señal vídeo de una fuente puede aparecer a la izquierda o a la derecha de otra fuente de señal, o bien ambas señales pueden aparecer a la izquierda o a la derecha. También un control de "barrido" puede mover el punto de conmutación horizontal o verticalmente.

Otra opción del SEG es la inserción en la esquina. Por ejemplo, se puede mostrar la cara del comentarista en la esquina de una escena de noticiario. Otros efectos incluyen inserciones de varias formas, tales como un diamante o un círculo en cualquier parte de la pantalla. Un SEG muy elaborado emplea almacenamiento de cuadro con una memoria digital. El SEG puede almacenar la imagen, reducir el tamaño para la reproducción y superponer la imagen pequeña sobre una parte de otra escena.

En la transmisión en color, la *manipulación de croma* ("chroma keying") es otra función del SEG que permite superponer una persona en otra escena. En el supuesto de que un realizador permanezca de pie en un fondo azul altamente saturado, la señal azul de vídeo del tubo de cámara produce cambios en todos los puntos en que la imagen confina con el fondo azul, por lo que se puede encuadrar la imagen en otra escena. Una de las aplicaciones es la superposición de la imagen de la persona que da la previsión del tiempo en la escena que muestra la información meteorológica.

Preguntas de prueba 1-3
Respuestas al final del capítulo

¿Cuáles son las abreviaturas de los siguientes tipos de equipo?
a. Generador de efectos especiales.

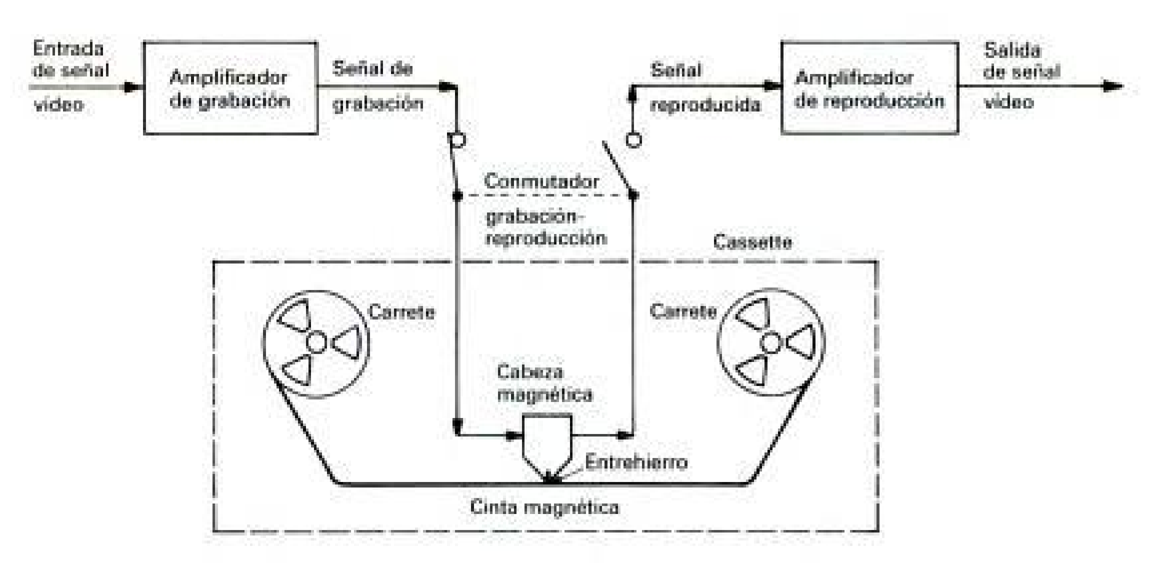


Fig. 1 - 11. Funciones esenciales de un grabador de cinta. Los carretes de cinta están en un estuche de cassette.

b. Enlace estudio-transmisor.
c. Equipo electrónico de reportaje.

1-4 Grabadores de videocinta

Una señal vídeo puede ser grabada o registrada en cinta magnética, lo mismo que una señal audio. El sistema básico está representado en la figura 1-11. La cinta tiene un revestimiento de partículas finas de óxido de hierro sobre una base de plástico. El mecanismo de transporte tira de la cinta bajo la cabeza de grabación-reproducción. Como la cabeza tiene muchas espiras de hilo fino, su campo magnético reacciona con la cinta magnética. En la posición de grabación, la corriente de señal que circula por la cabeza magnetiza a la cinta. Durante la reproducción, el campo magnético móvil induce una corriente de señal en la cabeza.

En la grabación vídeo la mayor dificultad es el amplio margen de frecuencias de señal de la corriente alterna (c.a.), de aproximadamente 30 Hz a 4 MHz. Las frecuencias inferiores a 30 Hz pueden ser consideradas como un cambio en el nivel de corriente continua (c.c.). Esta dificultad se puede solventar registrando la componente vídeo como una señal de FM con frecuencia portadora de aproximadamente 8 MHz. La señal modulada tiene un margen de frecuencia mucho menor en octavas. Para registrar frecuencias de señal en el orden de megahercios, se emplean cabezas giratorias. La velocidad que se puede alcanzar con esta cabeza giratoria proporciona una alta *velocidad de escritura*, o velocidad relativa entre la cabeza y la cinta. Estos métodos se analizan con detalle en el capítulo 10, que trata de los grabadores de videocassette para uso doméstico. En el estudio se utilizan generalmente grabadores de cinta como los ilustrados en las figuras 1-12 y 1-13.



Fig. 1 - 12. Grabador de videocinta para las operaciones del estudio. Se utilizan cuatro cabezas giratorias con cinta de 2 pulgadas. (Ampex Corporation.)



Fig. 1 - 13. Grabador de videocinta tipo C que utiliza dos cabezas giratorias y cinta de 1 pulgada. La anchura de la unidad es 19 pulgadas (482,6 mm). (Sony Corporation.)

Grabador cuádruplex de cinta. Los primeros grabadores de cinta vídeo para estudio, introducidos por Ampex, tenían cuatro cabezas. Las cabezas se movían transversalmente sobre una cinta de 2 pulgadas de anchura, como muestra la figura 1-12. La cinta está fijada en el radio de la rueda de cabeza por una zapata neumática. La rueda gira a 240 revoluciones por segundo (r.p.s.). Se consiguen velocidades de escritura mayores de 1.000 pulgadas por segundo (i.p.s.). El registro tiene un formato segmentado en que cada cabeza graba sólo una parte de la imagen. Debido a su buena calidad de la imagen, este tipo de grabador de cinta, conocido por *máquina cuádruplex* (o *quad*) ha sido la pieza fundamental de grabación vídeo en el estudio.

Grabador de videocinta del tipo C. La máquina representada en la figura 1-13 está siendo adoptada para las operaciones del estudio a causa de su menor tamaño y precio reducido. Las especificaciones del grabador de tipo C representan un compromiso entre los diseños Ampex y Sony y las normas de la Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE). La cinta tiene un ancho de 1 pulgada, en comparación con la anchura de 2 pulgadas de un grabador quad y de 1/2 pulgada de los registradores de videocassette domésticos. Lo mismo que el VCR de tipo doméstico, la máquina de tipo C utiliza dos cabezas giratorias que producen pistas inclinadas a través de la cinta. Dos pistas representan el campo completo. En realidad, una pista también muestra la imagen, pero cada otra línea explorada forma uno de los dos campos en el cuadro de televisión. Esta operación con una imagen no segmentada es muy útil para los propósitos de edición debido a que cada campo puede ser contemplado en movimiento lento o como imagen fija.

Corrector de la base de tiempos. Incluso en los registradores de cinta del estudio pueden ser causados errores de sincronización por las vibraciones mecánicas. Pueden ser creadas ondas de choque en la cinta cuando las cabezas presionan la cinta en su paso ante el entrehierro. Una velocidad uniforme y precisa para las cabezas de grabación y la cinta es extremadamente crítica para las frecuencias de señal, que son de aproximadamente 5 MHz, no sólo para el registro sino también para la reproducción en otra máquina. La inestabilidad de la temporización o sincronismo causa un efecto ondulante, fluctuación en la imagen y errores de color.

Para eliminar la inestabilidad de temporización se emplea el corrector de la base de tiempos digital (TBC) ilustrado en la figura 1-14. El TBC convierte primero la señal analógica a la forma



Fig. 1 - 14. Corrector de la base de tiempos digital para grabadores de cinta vídeo.

digital. Luego es convertida la salida digital en la señal vídeo analógica convencional. La corrección de la base de tiempos se utiliza en el proceso de edición y en la línea de alimentación de la reproducción para la transmisión inalámbrica de la señal.

Preguntas de prueba 1-4
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Las cabezas giratorias aumentan la velocidad de escritura para la grabación de vídeo.
b. Las frecuencias vídeo son mucho más lentas que las frecuencias de audio.
c. El videograbador del tipo C produce dos pistas inclinadas en la cinta para cada campo de imagen.

1-5 Televisión por cable (CATV)

Además de la transmisión sin hilos por las estaciones difusoras de televisión, el sistema de TV por cable proporciona un sistema de distribución con cable coaxial. La televisión por cable es análoga a un sistema alámbrico de telefonía, pero se utiliza para los programas de TV. Las señales portadoras RF son alimentadas de modo que se pueda utilizar un sintonizador para seleccionar el canal deseado. Las señales de cable se aplican a los terminales de antena del receptor de TV.

La TV por cable ha llegado a ser muy popular porque proporciona más canales y pueden ser suministradas señales fuertes en áreas en que la señal de antena no es suficientemente buena. Los detalles de los sistemas de televisión por cable, incluyendo las comunicaciones bidireccionales, se dan en el capítulo 15, pero aquí se resumen las características principales. El sistema de distribución por cable está representado en la figura 1-15.

Canales de cable. Cada canal de cable tiene un ancho de 6 MHz, lo mismo que los canales de servicio público o difusión, para la señal AM de imagen y la señal FM de sonido. Sin embargo, las señales de cable no son radiadas. Por tanto, se pueden utilizar las frecuencias comprendidas entre los canales 6 y 7 sin interferir en otros servicios. Estos *canales de cable de banda media* van

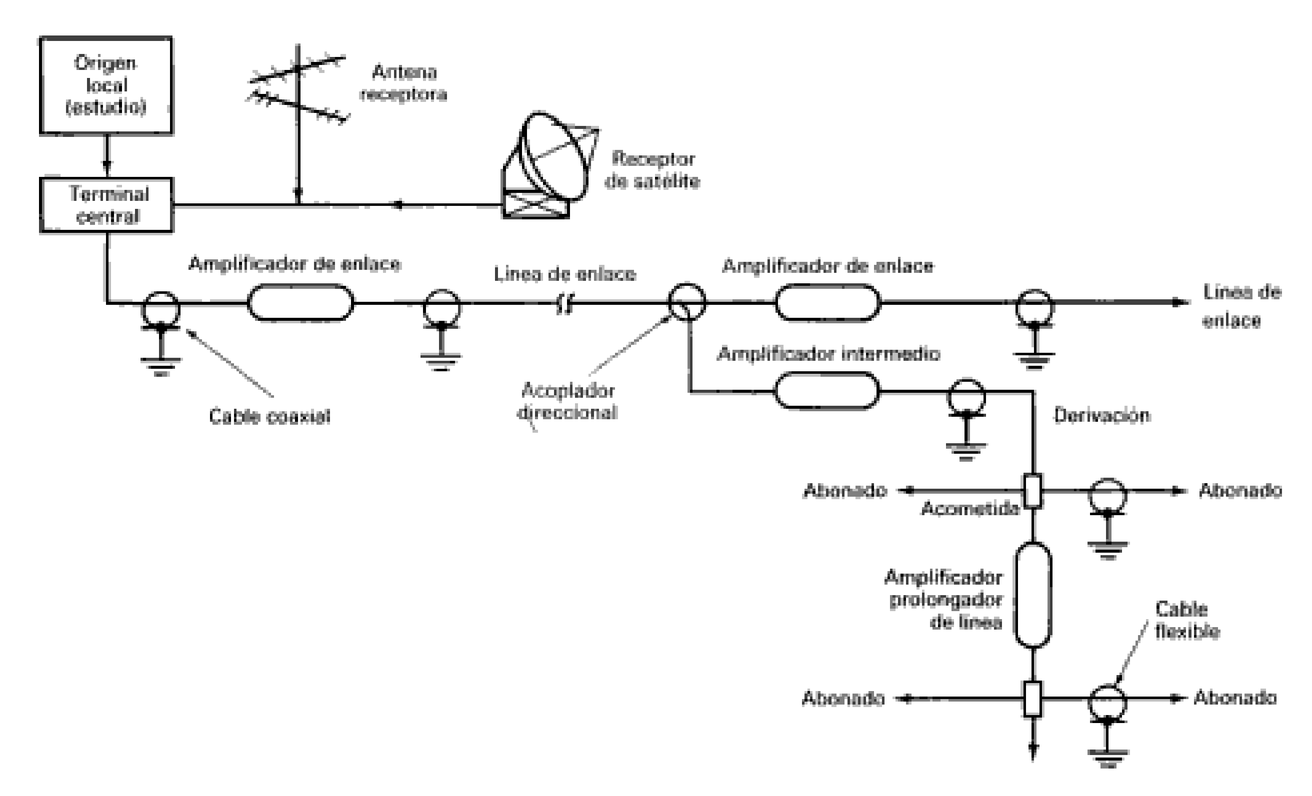


Fig. 1 - 15. Diagrama de bloques del sistema de distribución de TV por cable.

desde 88 hasta 176 MHz. También son utilizados para los canales VHF de banda baja (2 a 6) y los canales VHF de banda alta (7 a 13). Los canales empleados por las estaciones difusoras se proveen usualmente en sus números de canal asignados. Los canales de VHF no asignados en una zona o área dada son utilizados para programas especiales de cable o para los programas de las estaciones de TV de otra ciudad. En los sistemas más grandes de cable, también se utilizan los *canales de cable superbanda* por encima del canal 13. Sin embargo, los canales de UHF comprendidos entre 470 y 890 MHz son convertidos a los canales VHF para la distribución por cable. Los canales de TV por cable están reseñados en el apéndice B.

La sección de cabecera o terminal central. Como muestra el diagrama de bloques de un sistema CATV en la figura 1-15, la sección de cabecera o terminal central provee las señales de programa para todos los canales. Las emisiones locales y las distantes son captadas por una antena que está montada sobre una torre muy alta, con el fin de aumentar la distancia de línea óptica o visual (fig. 1-16). Estas señales pueden ser distribuidas como las del número del canal original o bien pueden ser heterodinadas para obtener las frecuencias de diferentes canales. También se puede utilizar el estudio para programas de origen local (LO) de noticias y de servicio de la comunidad.

Los servicios de pago distribuyen las señales a los sistemas de cable por enlaces de microondas o de retransmisión por satélite. En la sección de cabecera las señales son convertidas para un canal VHF de cable. Aquí la imagen es ordinariamente codificada para que sólo la puedan recibir los abonados a programas especiales.

Distribución por cable. Las pérdidas de RF son elevadas en los cables coaxiales, especialmente en el sistema del canal 36 que opera en la superbanda de CATV. Sin embargo, las pérdidas de línea son compensadas o restituidas mediante el uso de amplificadores RF que están espaciados en la red de cable, como muestra la figura 1-15.

En el sistema de distribución, la línea principal es la línea de enlace o *troncal*. De ésta se derivan las líneas por grupos de abonados. La línea de cada abonado se llama *acometida*.

Cada amplificador de línea de enlace tiene una ganancia igual a la pérdida de línea correspondiente a la distancia entre amplificadores. Un valor típico es de 40 decibelios (dB), o una ganancia de tensión de 100.

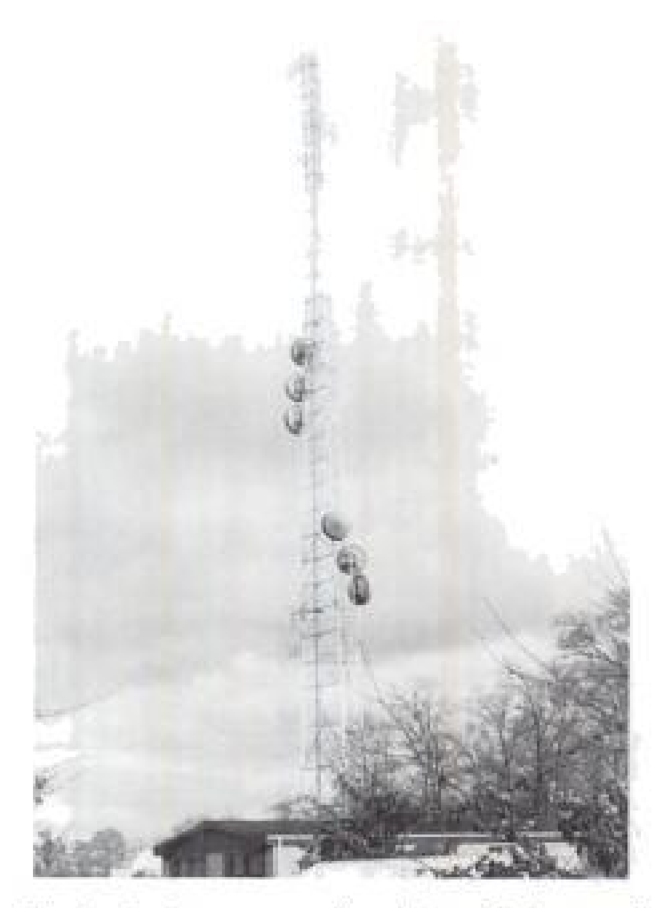


Fig. 1 - 16. Antena para el suministro de fuentes de programa a la sección de cabecera de un sistema de TV por cable.

Aunque en el sistema de distribución por cable no hay necesariamente radiación de las señales de TV, la FCC impone estrictos requisitos para prevenir una radiación accidental y mantener los mínimos estándares de operación. En muchos casos un canal de la superbanda de CATV está dedicado a una señal especial utilizada precisamente para detectar la radiación. El canal elegido pertenece usualmente a la banda de radiodifusión FM de 88 a 108 MHz, por lo que para detectar cualquier posible radiación se puede utilizar un receptor sencillo de radio portátil de FM.

Convertidor de TV por cable. En la figura 1-17 está ilustrado un convertidor típico de TV por cable. La salida del convertidor se conecta a los terminales de antena del televisor. La entrada es el origen del sistema de cable. El convertidor heterodina todos los canales de cable para las



Fig. 1 - 17. Convertidor de TV por cable con unidad remota. (Sylvania Electric Products.)

frecuencias de un canal VHF de banda baja no utilizado, usualmente uno de los canales 3, 4 o 5. El sintonizador de TV está ajustado para recibir solamente este canal. Toda la selección de los canales se hace en el convertidor de cable.

Actualmente muchos televisores tienen sintonizadores para la recepción de TV por cable que se pueden utilizar para elegir los canales del cable sin necesidad del convertidor. Sin embargo, para la conversión de las señales codificadas de los canales de pago, el convertidor del cable usualmente contiene el circuito necesario para la decodificación de la señal. En la práctica, el receptor equipado para la recepción de TV por cable puede no estar provisto de los circuitos necesarios para la decodificación de las señales provenientes de los canales de pago.

Televisión comunitaria (MATV). El sistema MATV utiliza una pequeña red de distribución por cable en aplicaciones para hoteles, moteles o edificios de oficinas. Algunos hoteles y moteles pueden tener su propia antena para recepción de emisiones por satélite para suministrar los correspondientes programas al sistema MATV. También los grabadores de videocassette son una fuente de programas. Además, en el sistema MATV se pueden insertar los canales de televisión por cable.

Preguntas de prueba 1-5
Respuestas al final del capítulo

a. ¿A qué canal de TV está ajustado su receptor para entrada de cable en un sistema de 36 canales?

b. ¿A qué línea alimenta la sección de cabecera, a la de enlace o a la de derivación?

c. ¿Dónde está empalmada la acometida, en la línea de abonado o en la sección de cabecera?

1-6 Televisión de circuito cerrado (CCTV)

La posibilidad de situar un "ojo" de televisión en casi cualquier lugar ha fomentado el desarrollo de muchas industrias y servicios que utilizan una cámara de TV para "ver" la escena sin necesidad de un observador u operador humano. Se utilizan cámaras de TV en el control de tráfico, bancos, vigilancia de edificios, enseñanza, reuniones de negocios, exploración submarina, monitorado de procesos industriales peligrosos y guiado a distancia de proyectiles y artefactos militares. Generalmente, en estas aplicaciones se utiliza el vídeo de banda base, sin portadora modulada, en un sistema por cable de circuito cerrado. La imagen puede ser monocromática o en color. Como no es necesario atender a la calidad, el equipo de vídeo puede ser relativamente barato y muy compacto, especialmente para imágenes de blanco y negro.

Vigilancia. Los componentes principales para esta aplicación son la cámara y el monitor de TV



Fig. 1 - 18. Pequeña cámara monocromática con vidicón para TV de circuito cerrado. La longitud de la caja es de 11 pulgadas (279,4 mm). (Jerrold Electronics Corporation.)

para observar la imagen, conectados por un cable coaxial de 75 Ω. La figura 1-18 ilustra una cámara típica de vigilancia. Es extremadamente compacta y puede ser montada en cualquier sitio. El tubo de cámara vidicón típico tiene un diámetro de placa frontal de sólo 2/3 pulgada, (18 mm). Para algunas aplicaciones se pueden utilizar vidicones especiales. Uno de los tipos es un vidicón de infrarrojos que detecta a los intrusos en la oscuridad por su radiación de calor.

Para aproximar los objetos distantes se utiliza una lente con gran distancia focal, muy análoga a una lente de telefoto. La lente está roscada en una montura en C que está normalizada para las cámaras ópticas. Generalmente se utilizan las mismas lentes que las de las cámaras cinematográficas de 16 mm. Para control remoto se adaptan lentes especiales con un motor para controlar el enfoque y la abertura del diafragma.

La apertura, o número *f*, puede ser controlada automáticamente en algunas cámaras. Un nivel más alto de la salida de la señal vídeo hace que el diafragma se cierre cuando sea necesario, para evitar la distorsión por sobrecarga.

Otro accesorio del control remoto es la montura rotatoria e inclinable ilustrada en la figura 1-19.



Fig. 1 - 19. Montura de cámara rotatoria e inclinable para el control en posición remota de la cámara de vigilancia. La altura es de 8 pulgadas (203,2 mm). (Panasonic.)

Tiene dos motores. Uno de ellos puede ser controlado desde una posición distante para rotación de la cámara, o para explorar transversalmente la escena. El otro motor es para inclinar la cámara hacia arriba o hacia abajo.

Un accesorio adicional para las cámaras de vigilancia es una carcasa de intemperie equipada con un limpiador de ventana por control remoto. También hay carcasas completamente herméticas para cámaras submarinas.

En sistemas de vigilancia con varias cámaras, cada una de éstas alimenta su propio monitor de blanco y negro, y todos los monitores están agrupados de modo que pueden ser observados por un solo operador. En otros sistemas se utiliza una secuencia automática para conmutar la señal vídeo de varias cámaras hasta un solo monitor a un ritmo previamente ajustado.

Registro permanente de videocinta. En este tipo de VTR para operaciones de vigilancia, la cinta se desplaza a razón de una fracción de su velocidad normal. La cabeza de vídeo es activada para registrar de modo intermitente una sola imagen cada lapso de tiempo, que puede ser ajustado según convenga. Como la cinta se mueve lentamente, esta máquina puede grabar durante un período de hasta 200 horas un cassette de videocinta estándar.

Se puede utilizar un generador de caracteres como accesorio para superponer en la imagen la fecha y la hora. Además, se puede cambiar el ritmo de imagen, dando una información más detallada cuando es disparada una señal de alarma.

Otro dispositivo detecta el movimiento en la escena comparando continuamente las imágenes nuevas con las imágenes de señales precedentes. Cualquier cambio, tal como el movimiento de un intruso en un pasillo o corredor en donde nadie extraño deba entrar, es detectado por el comparador vídeo, que entonces puede producir la señal de alarma.

Televisión de infrarrojos. El espectro infrarrojo de la luz es invisible debido a que sus longitudes de onda son largas comparadas con las de la luz visible. Las frecuencias de infrarrojo están inmediatamente debajo de 2×10^5 GHz, aproximadamente, para la luz roja. La energía calorífica produce radiación infrarroja. Para la TV de infrarrojos se utiliza un tubo de cámara vidicón especial cuya placa de imagen es sensible a este espectro luminoso. Además, el sistema óptico utiliza filtros que

permiten el paso de la radiación infrarroja, pero bloquean el de la luz visible.

Cuando se utiliza la señal de cámara para reproducir una imagen, las partes más blancas de ésta dependen de las temperaturas de la escena. Se utilizan estas cámaras para la vigilancia de lugares en que no se desea iluminación visible. Otra aplicación es la vigilancia de pérdidas de calor. Los puntos de un edificio con las mayores pérdidas de calor aparecen como partes brillantes en la imagen de infrarrojo. En algunos sistemas los márgenes de temperatura pueden ser reproducidos en diferentes colores.

Televisión de exploración lenta. Las imágenes de televisión en movimiento requieren exploración rápida y frecuencias vídeo altas, de aproximadamente 4 MHz en un canal de 6 MHz. Sin embargo, con la exploración más lenta de una imagen inmóvil o estacionaria las frecuencias vídeo son considerablemente más bajas. En consecuencia, se puede utilizar TV de exploración lenta para transmitir por líneas telefónicas de banda estrecha imágenes estacionarias o fijas, tales como documentos y dibujos.

Facsímil. Este sistema es una aplicación importante de la TV de exploración lenta. Se utiliza un explorador o "scanner" óptico para explorar mecánicamente una fotografía o un documento y en el extremo receptor hay una impresora. Normalmente, en la imagen de facsímil son exploradas 360 líneas por minuto, mientras en el sistema de difusión de televisión el haz electrónico explora 15.750 líneas por segundo.

El sistema de facsímil se utiliza mucho para transmitir los mapas meteorológicos en EE.UU. Otra aplicación es el servicio postal de facsímil entre diferentes ciudades. En los negocios y en la industria se utilizan dispositivos análogos para transmitir fotografías, dibujos u otros documentos importantes y cuando son necesarios registros de gráficas.

Televisión por sonda espacial. Quizá la aplicación más fascinante de la TV de exploración lenta, combinada con técnicas digitales, sea la de las soberbias imágenes que son transmitidas por la sonda espacial *Voyager* de Marte, Júpiter y Saturno. Las imágenes tomadas por las cámaras de TV de la sonda fueron almacenadas en forma digital hasta que fueron analizadas.

Otro uso de la TV de exploración lenta se vio en las fotografías de los astronautas cuando se posaron en la superficie de la Luna. El movimiento de éstos apareció desarticulado a causa de la TV de exploración lenta. En este caso, las imágenes de la exploración lenta fueron almacenadas y utilizadas para la transmisión por televisión a la frecuencia normal de exploración.

Preguntas de prueba 1-6
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Las cámaras de vigilancia deben utilizar TV de exploración lenta.
b. Las imágenes de facsímil generan frecuencias vídeo bajas, en comparación con las de difusión de TV.
c. Un tubo de cámara vidicón de infrarrojos puede mostrar las diferencias de temperatura de la escena.

1-7 Centro de vídeo doméstico recreativo

Este término se refiere al receptor de TV con la adición del equipo accesorio opcional adecuado. Los ejemplos incluyen un convertidor de TV por cable, un grabador de videocassette o reproductor de discos, juegos de vídeo y posiblemente un ordenador personal. La palabra *vídeo* se aplica usualmente para describir cualquier equipo electrónico que pueda producir imágenes, pero la señal vídeo de banda base se utiliza pocas veces para interconexiones en el receptor. La mayoría de los televisores no tienen jacks de entrada para amplificador vídeo. La razón es que la distribución de señales vídeo no es tan sencilla como la de las señales de sonido, debido a su anchura de banda. Las señales de banda base de vídeo y audio, en lugar de ser utilizadas para la entrada del receptor, son distribuidas como señales portadoras de RF moduladas, usualmente en los canales 3 o 4.

La figura 1-20 muestra una unidad típica moduladora de un grabador de videocassette. El modulador es como un transmisor de TV miniatura, pero la salida está conectada a los terminales de entrada de antena en el receptor. En el modulador está ajustado un conmutador para los canales 3 o 4. Entonces el receptor puede ser ajustado para el canal seleccionado de la señal de salida del modulador.

El nivel de distribución de las señales RF es normalmente de 1 a 3 milivoltios (mV) en los terminales de entrada de antena. Cuando se utili-



Fig. 1 - 20. Unidad moduladora de VHF para grabador de videocassette. Salida RF en los canales 3 o 4.

za la señal vídeo de banda base, el nivel normal es 1 V, pico a pico, con polaridad negativa de sincronismo.

Reglamentación de la FCC sobre radiación. El modulador es una fuente potencial de interferencias a causa de que genera salida RF en los canales 3 o 4. La señal de RF se puede radiar desde las conexiones de antena y producir interferencia en otros receptores. Para minimizar esta interferencia, la salida del modulador está limitada a un máximo de 3 mV entre los extremos de una carga de 75 Ω tal como un cable coaxial, o de 6 mV entre los extremos de una carga de 300 Ω para líneas de antena de conductores gemelos o bifilares ("twin-lead"). Esta reglamentación de la FCC se aplica a todos los dispositivos de televisión de la clase 1, que incluyen el VCR, reproductor de videodiscos, juegos de vídeo y ordenadores personales que utilizan un receptor de TV para la visualización.

Centro doméstico de video. Cuando hay más de un accesorio de video para el televisor, puede ser difícil la conmutación del equipo y la conexión o desconexión de accesorios entre sí. Por otra parte, las señales conmutadas son frecuencias de radio de los canales 3 o 4. La solución consiste en organizar el equipo de accesorios incluyéndolo en una caja de conmutación como muestra la figura 1-21. Esta unidad tiene seis entradas y dos salidas. Una salida es para el televisor y la segunda es para el grabador de videocassette. Están provistas entradas de antena o para los canales de TV por cable, reproducción de VCR, un canal de abono al servicio de TV por cable, un videojuego y dos jacks auxiliares para equipo extra tal como un ordenador personal.

Cualquiera de las seis entradas puede ser aplicada a los terminales de entrada de antena del receptor. También puede ser aplicada al grabador de cinta cualquiera de las entradas excepto la de videojuego y el segundo jack auxiliar. Por lo tanto, cualquiera de las seis señales de entrada se puede observar en el televisor mientras se graba una de las cuatro entradas. El usuario puede grabar el programa que está viendo u otro programa diferente.

Las señales de RF son elegidas por los circuitos de conmutación a diodos, como en la figura 1-22. S_1 es uno de los conmutadores de botón pulsador de la unidad representada en la figura 1-21. Cuando los diodos *D1* y *D2* representados están en la posición adecuada, la señal RF de entrada pasa a través del terminal de salida. Recuérdese que un diodo polarizado en sentido directo es como un cortocircuito con muy baja resistencia. Un diodo inversamente polarizado es como un circuito abierto y tiene muy alta resistencia.



Fig. 1 - 21. Centro doméstico de vídeo. (Zenith Radio Corporation.)

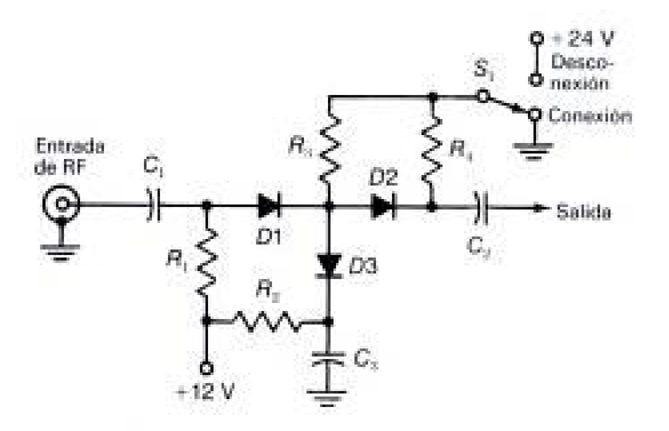


Fig. 1 - 22. Conmutación de la RF con diodos para la unidad de la figura 1-21. Cada R es de 2,7 kΩ y C=0,001 µF. El conmutador del botón pulsador S_1 está en la posición en que D1 y D2 permiten el paso de la señal de entrada.

En la figura 1-22, en la posición inferior S_1 desconecta de la fuente de alimentación de 24 V c.c. a los diodos, aplicando 12 V al ánodo de *D*1 a través del resistor R_1. La tensión positiva en el ánodo con respecto al cátodo polariza en sentido directo al diodo. La fuente de 12 V también polariza en sentido directo a *D*2 y aplica 12 V al cátodo de *D*3 a través del resistor R_2, haciendo que *D*3 esté polarizado en sentido inverso. En consecuencia, *D*1 y *D*2 están polarizados en sentido directo con bajas resistencias en serie para la señal de entrada hasta la salida. En el camino shunt, *D*3 tiene una alta resistencia para impedir que la señal se cortocircuite a la masa del chasis.

Cuando S_1 está en posición superior (desconexión), es aplicada la alimentación de 24 V c.c. al cátodo de *D*2 a través de R_4 y al cátodo de *D*1 a través de R_3. Como los 24 V alimentados a los cátodos de *D*1 y *D*2 son más positivos que los 12 V aplicados a los ánodos de *D*1 y *D*2, es como si los diodos estuviesen polarizados inversamente. Esta condición bloquea a todas las señales de entrada desde la salida. Por otra parte, *D*3 tiene polarización directa en el camino shunt para cortocircuitar cualquier señal de entrada.

Preguntas de prueba 1-7
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Es la señal del canal 3 una señal vídeo de banda base o una señal RF modulada?

b. ¿Es de 3 mV, o es de 5 V, la máxima señal RF aplicada a los terminales de entrada de antena desde un videojuego?

c. En la figura 1-22, para que pase la señal de entrada, ¿debe estar el diodo *D*3 en la condición de conducción, o en la de corte?

1-8 Terminal de datos de videotexto

Generalmente se piensa que una señal de vídeo se utiliza para imágenes, pero también se puede utilizar para datos digitales. El sistema que distribuye los datos almacenados en el ordenador por la red de teléfono público se llama *videotexto*. Para su visualización se puede utilizar un televisor. Varias aplicaciones ofrecen acceso a nuevos servicios tales como cotizaciones de bolsa y videojuegos. Los servicios comerciales ofrecen acceso al servicio de pago de ordenadores.

El terminal de datos de videotexto de la figura 1-23 incluye los siguientes componentes, tal como se numeran en la ilustración:

1. El propio terminal de datos, con un modem incorporado.
2. Convertidor de potencia, conectado a la línea de c.a. de la red. El terminal de datos trabaja con la tensión más baja.
3. Caja de conmutación para los terminales de antena del receptor. Las posiciones A y B son para entrada de datos y recepción de TV.



Fig. 1 - 23. Terminal de datos de videotexto. La longitud es de 17 pulgadas (431,8 mm). (RCA Microcomputer Products.)

4. Adaptador modular en T para la conexión a la línea telefónica.
5 y 6. Estos son cables de conexión.

Una unidad *modem* combina un *modulador* y un *demodulador*. Modula la señal vídeo en una onda portadora RF, para cualquiera de los canales 3 o 4 y puede demodular la señal RF para salida vídeo. El terminal de datos también tiene señales de audio y vídeo de banda base para un monitor de TV. Un monitor es como un receptor de TV con tubo de imagen y circuitos asociados para visualizar la imagen, pero el monitor carece de las secciones RF y FI.

La señal audio se utiliza para la manipulación por variación de frecuencia con diferentes frecuencias para la marca y espacio en el código de datos. Además, hay provistos efectos sonoros con los videojuegos. Diferentes tonos de audio generan música electrónica.

El modem está ajustado para una velocidad de datos de 300 baudios (Bd). Un baudio es un bit de información de impulsos por segundo. Un bit es *alto* para el dígito ordinario uno y *bajo* para dígito ordinario 0.

Alto y *bajo* indican niveles de tensión de las señales de impulsos. Un grupo específico de bits constituye una *palabra*. Una palabra de 8 bits se denomina *byte*.

El código de datos utilizado es el American Standard Code for Information Interchange, abreviadamente *ASCII*. Utiliza 128 combinaciones de 7 bits para indicar letras, números, signos de puntuación, paréntesis y operaciones aritméticas. También se pueden añadir 3 bits para constituir una palabra de 10 bits con más información. Un bit en cada extremo da las instrucciones de parada y arranque, y 1 bit es para la paridad. El *bit de paridad* se puede utilizar para comprobar los datos y evitar los errores de comunicación de la información binaria.

Preguntas de prueba 1-8
Respuestas al final del capítulo

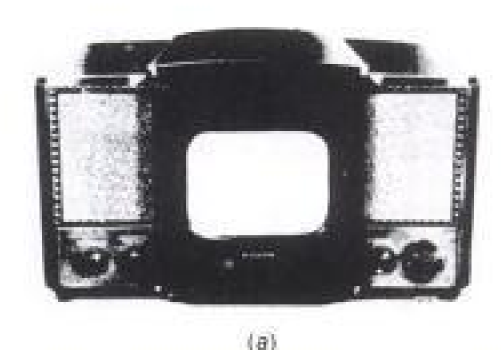
Contestar verdadero o falso.

a. El terminal de videotexto de la figura 1-23 no se puede utilizar con un receptor de TV.
b. Una unidad modem tiene dos funciones: modulación y demodulación.
c. El código ASCII utiliza 128 combinaciones de 7 bits para información alfanumérica.

1-9 Desarrollo de la difusión de televisión

La difusión de televisión comenzó en 1945 cuando la FCC asignó los canales de VHF 2 a 13 que ahora se utilizan. El canal 1 fue difundido o radiado en 44 a 50 MHz, pero actualmente estas frecuencias han sido asignadas a los servicios móviles de radio a causa de los problemas de interferencia.

El primer televisor popular fue el modelo RCA 630 TS, vendido en 1946 al precio aproximado de 400 dólares. Utilizaba 30 tubos de vacío, incluyendo un tubo de imagen monocromático con pantalla redonda de 10 pulgadas (fig. 1-24 *a*). Dos circuitos importantes que primero se utilizaron en este receptor fueron el de alimentación de alta tensión por retorno obtenida del circuito de salida horizontal y el de control automático de frecuen-



(*a*)



(*b*)

Fig. 1-24. Lo antiguo y lo nuevo en televisión. (a) *Modelo RCA de receptor monocromático 630-TS con pantalla de 10 pulgadas.* (b) *VCR sobre un receptor en color de 19 pulgadas. La puerta del compartimiento está abierta y muestra los controles ocultos.* (General Electric Company.)

cia (CAF) para la sincronización de la exploración horizontal.

A causa de que la alta tensión obtenida por retorno del haz se aplica al ánodo del tubo de imagen, la pantalla no se ilumina a no ser que los circuitos de deflexión horizontal estén funcionando normalmente. En los receptores modernos, el circuito de salida horizontal también alimenta de baja tensión a los amplificadores. El beneficio que con esto se obtiene es el menor consumo de potencia con mayor rendimiento.

Con el CAF la pérdida de sincronismo horizontal hace que la imagen se fraccione en segmentos diagonales con barras de negro. El CAF tiene la ventaja de ser casi inmune a las interferencias de impulsos de ruido.

Estos circuitos todavía se utilizan en todos los receptores de televisión, tanto monocromáticos como en color. La figura 1-24 ilustra una comparación de los equipos antiguos y modernos de televisión.

Sistemas de color. La difusión de la televisión en color evolucionó a partir de los primeros sistemas, que adolecían de los inconvenientes del uso de una rueda mecánica de exploración, normas incompatibles de exploración y excesiva anchura de banda para un canal de 6 MHz. En 1949 fueron creados sistemas experimentales por CBS y RCA. El sistema CBS utilizaba una rueda giratoria de color, con diferentes frecuencias de exploración de las utilizadas para los receptores monocromáticos. El sistema RCA fue completamente electrónico y utilizó frecuencias compatibles de exploración. En 1954 la FCC adoptó un sistema de color preparado por el National Television Systems Committee (NTSC) de la Electronic Industries Association (EIA). Su característica fundamental es una señal subportadora de croma de 3,58 MHz que es multiplexada en la señal portadora principal de imagen. En el capítulo 8, "Circuitos y señales de televisión en color" se dan más detalles. El sistema NTSC se utiliza en Estados Unidos, Japón y muchos países de América del Sur y del Norte.

Canales de UHF. En 1952 fueron asignados los canales 14 a 83, radiados en 470 a 890 MHz, para crear más estaciones de difusión de televisión. Los receptores con un selector de estaciones giratorio tiene dos sintonizadores, uno para VHF y otro para UHF. La posición de canal 1 del sintonizador VHF se utiliza para conectar el sintonizador UHF.

Televisión mundial. En 1962 fue hecha posible la difusión mundial de la transmisión de televisión por el uso de un satélite. De otra manera, la transmisión en línea visual u óptica está limitada a una distancia de 100 millas (161 km). El satélite sirve como estación relé o de enlace, que une el transmisor con los receptores situados en tierra. Ahora hay docenas de satélites en órbita. En el capítulo 11, "Transmisión de televisión", se dan más detalles.

Preguntas de prueba 1-9
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál de los circuitos produce la alta tensión de retorno, el de exploración vertical o el de exploración horizontal?
b. ¿Para qué se utiliza el CAF: para la sincronización vertical o para la horizontal?
c. ¿El canal 14 es de VHF, o es de UHF?

RESUMEN

Las principales funciones de los equipos de vídeo y de televisión se pueden resumir por las siguientes definiciones de los términos técnicos:

Alta tensión de retorno. Tensión anódica del tubo de imagen generada desde la salida del circuito de deflexión horizontal.

Cámara de vigilancia. Observa las operaciones desde una posición remota mediante un sistema de TV de circuito cerrado.

Canal. En televisión el canal es una banda de 6 MHz para las señales portadoras de RF moduladas de imagen y sonido.

Canales de UHF. Canales de TV 14 a 83 en la banda de UHF.

Canales de VHF. Canales de TV 2 a 13 en la banda VHF.

Control automático de frecuencia horizontal (CAFH). Sincroniza la estructura de líneas horizontales de la imagen.

Edición. En la videocinta los segmentos de ésta están unidos por borrado y registro electrónicos para crear un único programa.

Enlace estudio-transmisor (STL). Puede utilizar un sistema de transmisión por microondas o por cable.

Equipo electrónico de reportaje (ENG). Sistema utilizado en operaciones de televisión fuera del estudio de grabación de videocinta utilizando cámaras portátiles de TV y VTR.

Exploración. Cubre toda el área de imagen en una secuencia de líneas horizontales.

Frecuencia de interportadora. Tiene un valor de 4,5 MHz, que es igual a la diferencia entre las frecuencias portadoras RF de imagen y sonido en un canal de TV de 6 MHz.

Generador de efectos especiales (SEG). Dispositivo utilizado para operaciones en el estudio de televisión.

Grabador de videocassette (VCR). Utilizado para la grabación y la reproducción. Los carretes de cinta están alojados en una cassette para eliminar la manipulación manual.

Grabador de videocinta (VTR). Registrador, generalmente con carretes abiertos, que puede grabar y reproducir la imagen y el sonido.

Modem. Unidad de modulador y demodulador.

Satélite de TV. Un satélite que orbita la Tierra y es utilizado como enlace retransmisor o repetidor entre las estaciones terrestres transmisora y receptora.

Sección de cabecera. Fuente de programas para el sistema de televisión por cable.

Señal de banda base. Es una señal de vídeo o de audio que se puede utilizar directamente para reproducir la imagen y el sonido. O bien la señal de banda base puede modular una onda portadora de RF, para la transmisión.

Señal de croma. Es una señal subportadora de 3,58 MHz para la televisión en color.

Señal de imagen. Una onda portadora de RF en que la amplitud está modulada por la señal vídeo de la banda base.

Señal de sonido. Una onda portadora de RF modulada en frecuencia por la señal audio de la banda base.

Señal vídeo. Señal de la banda base de las variaciones eléctricas que pueden reproducir la información visual.

Sincronismo. Sincronización de la exploración de una imagen de televisión, tanto horizontal como vertical.

Televisión comunitaria (MATV). Un pequeño sistema de cable utilizado usualmente con su propia antena.

Televisión de circuito cerrado (CCTV). La señal vídeo de la banda base es distribuida por cable.

Televisión de infrarrojos. Utiliza luz invisible infrarroja para producir una imagen por las variaciones de temperatura.

Televisión por cable (CATV). Las señales portadoras de RF moduladas de imagen y sonido son distribuidas por una red de cable, en lugar de por transmisión inalámbrica.

Tubo de cámara. Convierte la entrada de luz en salida de señal vídeo.

TV de exploración lenta. Provee una señal de banda estrecha para imágenes fijas.

TV de pago (o abonado). Sistema en que el abonado paga una cuota extra para el uso de los canales de pago en los sistemas de microondas y de TV por cable.

Velocidad de escritura. Para los grabadores de videocinta, la velocidad relativa entre las cabezas de vídeo y la superficie de la cinta.

Videotexto. Sistema que distribuye los datos de ordenador en una red de teléfono público.

AUTOEXAMEN

Respuestas al final del libro

Parear las letras de la derecha con los números de la izquierda.

1. Vidicón	**a.** Señal RF portadora de imagen
2. Señal de banda base	**b.** 54 a 60 MHz
3. Ancho de banda del canal de TV	**c.** Brillo
4. Frecuencias del canal 2	**d.** 8 bits
5. Modulación de amplitud	**e.** 75 Ω
6. Modulación de frecuencia	**f.** Señal de vídeo
7. Cuadros de imagen por segundo	**g.** Señal RF portadora de sonido
8. Líneas horizontales por cuadro	**h.** 4,5 MHz
9. Televisión por cable	**i.** 3,58 MHz
10. Generador de efectos especiales	**j.** Salida RF de VCR
11. Canales 3 o 4	**k.** Tubo de cámara
12. TV de infrarrojos	**l.** 30
13. Facsímil	**m.** 525
14. Impedancia de cable coaxial	**n.** Sección de cabecera
15. Señal de croma	**o.** TV de circuito cerrado
16. Byte	**p.** 6 MHz
17. Frecuencia de interportadora	**q.** SEG
18. Alta tensión anódica	**r.** TV de exploración lenta

PREGUNTAS DE ENSAYO

1. Comparar las señales de vídeo y de audio. ¿Cuál es el margen de frecuencia de cada una?
2. Comparar la banda base y las señales portadoras de RF moduladas. Poner algunos ejemplos.

3. ¿Cuáles son las frecuencias correspondientes a los canales de TV, 2, 6, 7, 13 y 14?
4. ¿Son de AM o de FM las señales RF portadoras de imagen y de sonido?
5. Explicar brevemente la función de un vidicón.
6. Describir brevemente dos tipos de tubos de imagen.
7. ¿Qué representan los siguientes valores?: 3,58 MHz, 4,5 MHz, 30 cuadros, 525 líneas.
8. Poner un ejemplo de palabra digital con 8 bits de 0 o 1.
9. ¿Por qué se utilizan los impulsos de sincronismo?
10. Decir lo que significan las siguientes abreviaturas: FCC, EIA, NTSC, CATV, CCTV, CAF, ENG y SEG.
11. Nombrar cuatro accesorios de vídeo que se pueden conectar a un televisor.
12. Dar dos ejemplos de TV de circuito cerrado utilizado para vigilancia.
13. Con referencia al circuito conmutador por diodos de la figura 1-22 ¿qué diodos están polarizados en el estado de conducción para que pase la señal de entrada hasta la salida?
14. ¿Qué significan transmisor de imagen y transmisor de sonido?
15. Describir brevemente cómo se edita una videocinta.
16. ¿Por qué se utilizan cabezas giratorias en los grabadores de cinta vídeo?
17. ¿Qué significa grabación de pistas inclinadas en un VCR?
18. Enunciar una ventaja y una desventaja de la TV por cable con respecto a la televisión normal.
19. ¿Cómo puede ser producida la interferencia por el modulador de VHF utilizado con equipo accesorio de vídeo?
20. ¿Cuál es el significado de canales de banda media y de superbanda para televisión por cable?
21. ¿Cuál es la función del terminal de datos de videotexto?
22. ¿De qué manera se utiliza un centro doméstico de vídeo como unidad de conmutación?

PREGUNTAS ESPECIALES

1. Exponer por lo menos un ejemplo de equipo vídeo conectado a un receptor de TV. Describir las conexiones.
2. Describa brevemente un ejemplo de TV de circuito cerrado que haya Vd. visto.
3. Enunciar una similitud y una diferencia entre el VCR y un reproductor de cinta audio.
4. ¿Por qué la salida de un VCR pertenece al canal 3 o al canal 4 de TV en lugar de utilizar una señal vídeo de banda base?

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE PRUEBA

1-1 **a.** Altavoz
b. Vídeo y audio
c. Vídeo

1-2 **a.** Tubo de cámara
b. 3,58 MHz
c. 54 a 60 MHz
d. Blanco

1-3 **a.** SEG
b. STL
c. ENG

1-4 **a.** V (verdadero)
b. F (falso)
c. V

1-5 **a.** 3, 4 o 6
b. Línea de enlace
c. Acometida de abonado

1-6 **a.** F
b. V
c. V

1-7 **a.** RF modulada
b. 3 mV
c. Corte

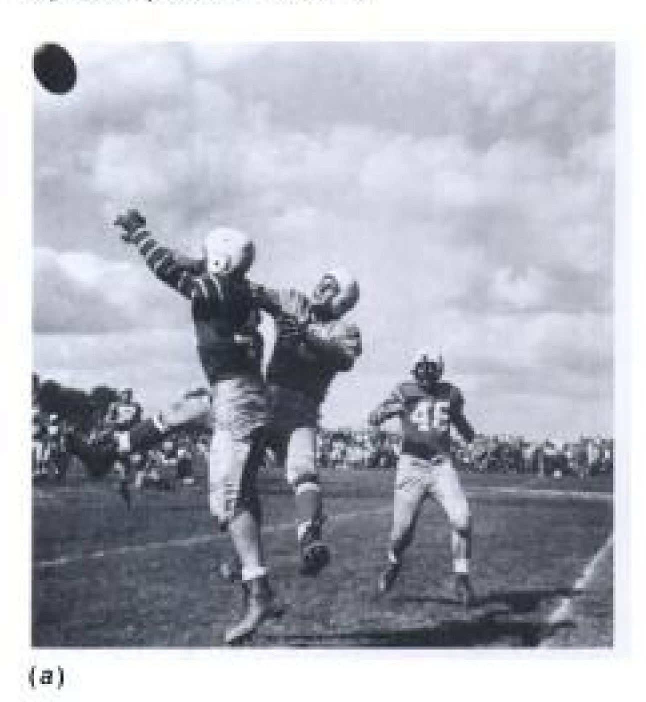
1-8 **a.** F
b. V
c. V

1-9 **a.** Horizontal
b. Horizontal
c. UHF

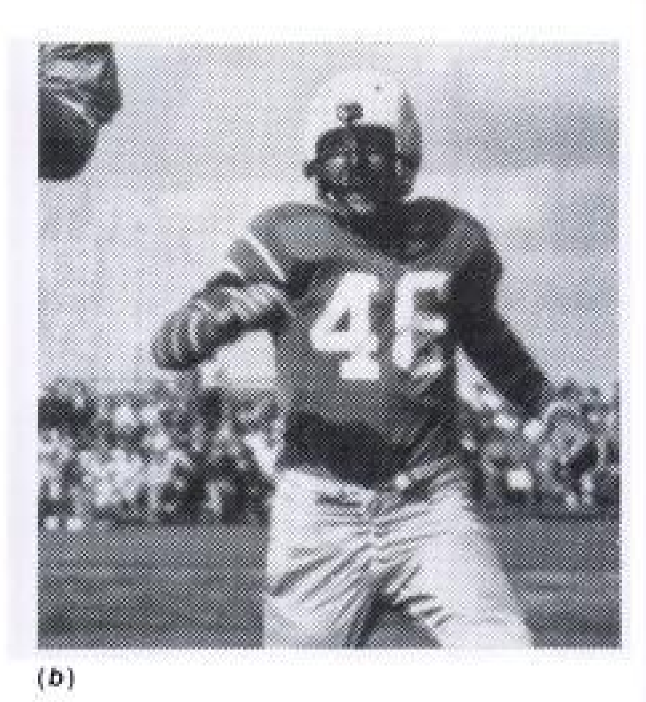
2
La imagen de televisión

La televisión es fundamentalmente un sistema que reproduce una imagen fija lo mismo que la fotografía instantánea. Sin embargo, las imágenes son presentadas una tras otra con suficiente rapidez para producir la ilusión de movimiento. Un cuadro de imagen es en sí mismo un grupo de pequeñas áreas de luz y sombra. Esta estructura se puede ver en la figura 2-1*b*, que es una vista ampliada para presentar los detalles de la imagen fija de la figura 2-1*a*. Todos los detalles con puntos de luminosidad variable proveen la señal vídeo para información de la imagen.

Consideraremos imágenes de blanco y negro (b/n) o monocromáticas en primer lugar a causa de que estos requisitos se aplican también a las imágenes de color. Una imagen de televisión en color es una imagen monocromática con adición de color en las áreas principales de la escena. En las siguientes secciones se describen más detalles de la televisión en color:



(a)



(b)

Fig. 2 - 1. (a) La imagen fija ilustra la información de imagen. (b) La vista ampliada muestra los elementos individuales de imagen.

2-1 Elementos de imagen

Una imagen fija es fundamentalmente una ordenación de muchas áreas pequeñas oscuras y luminosas. En una impresión fotográfica los granos finos de plata proporcionan las diferencias en cuanto a luz y sombra necesarias para reproducir la imagen. Cuando se imprime una imagen en el proceso de fotograbado, hay muchos puntos negros que forman la imagen. Observando la vista ampliada de la figura 2-1*b*, se puede ver que la imagen impresa se compone de pequeñas áreas elementales de blanco y negro. Esta estructura básica de una imagen es evidente en las fotografías de los periódicos. Si se las examina detenidamente, se verán los puntos a causa de que los elementos de imagen son relativamente grandes.

Cada área pequeña de luz o sombra es un *elemento de imagen* o *detalle de imagen* llamado *pixel*, o aún más abreviadamente *pel*. Todos los elementos juntos contienen la información visual de la escena. Si son transmitidos y reproducidos con el mismo grado de luz o sombra que el original y en la posición correcta, se reproducirá la imagen.

Por ejemplo, supongamos que necesitamos transmitir una imagen de la cruz negra sobre fondo blanco que aparece a la izquierda en la figura 2-2 para obtener la imagen de la derecha de la figura. La imagen está dividida en áreas elementales de negro y blanco tal como se muestra. Los elementos de imagen del fondo son blancos, mientras los que forman la cruz son negros. Cuando es transmitido cada elemento de imagen hasta el lado de la derecha de la figura y reproducido en la posición original con su sombra de negro o blanco, queda reproducida o duplicada la imagen.

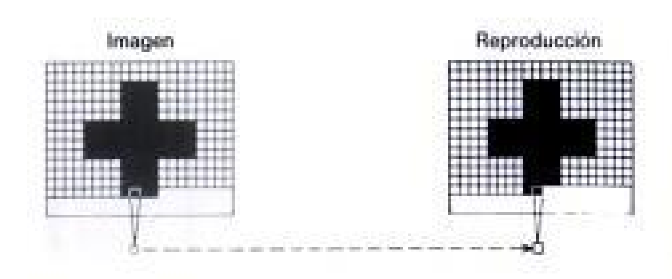


Fig. 2 - 2. Reproducción de una imagen por la duplicación de sus elementos de imagen.

Preguntas de prueba 2-1
Soluciones al final del capítulo

Responder verdadero o falso.

a. Un elemento de imagen es un pixel.

b. Una imagen fija tiene muchos elementos de imagen.

c. La posición de un elemento de imagen no es importante en la reproducción.

2-2 Exploraciones horizontal y vertical

La imagen de televisión es explorada sucesiva o secuencialmente en una serie de líneas horizontales, una debajo de otra, como muestra la figura 2-3. Esta exploración hace posible que una señal vídeo incluya todos los elementos necesarios para completar la imagen. En un instante dado, la señal vídeo sólo puede presentar una variación. Para obtener una señal vídeo que transmita todas las variaciones de luz y sombra, se exploran todos los detalles de imagen sucesivamente, o sea, en un orden secuencial de tiempo.

La exploración hace que la reproducción de una imagen de televisión sea diferente de una impresión fotográfica. En una foto toda la imagen es reproducida de una vez. En televisión, la imagen es reensamblada una línea tras otra y un cuadro después de otro. Este factor de tiempo es lo que hace que la imagen de televisión pueda aparecer como estructura de líneas desgarrada en segmentos diagonales y con cuadros que se desplazan subiendo o bajando.

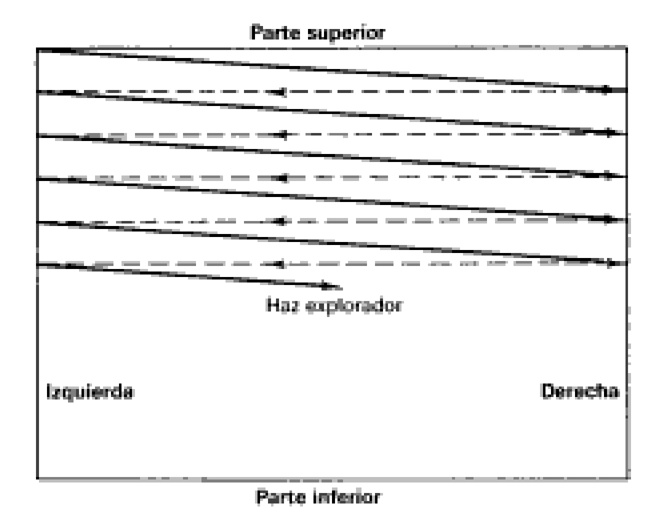


Fig. 2 - 3. Cómo se efectúa la exploración lineal horizontal.

La exploración se efectúa de la misma manera que la lectura para leer todas las palabras de una línea y todas las líneas de la página. Empezando por la parte superior izquierda en la figura 2-3, todos los elementos de imagen son explorados sucesivamente, de izquierda a derecha y de arriba abajo, línea por línea. Este método se llama *exploración lineal horizontal* y se usa en el tubo de cámara del transmisor para dividir la imagen en elementos y en el tubo de imagen del receptor para reensamblar la imagen reproducida.

La secuencia para explorar todos los elementos de imagen es la siguiente:

1. El haz electrónico barre transversalmente una línea horizontal, cubriendo todos los elementos de imagen de la línea.
2. Al final de cada línea, el haz vuelve muy rápidamente al lado de la izquierda para comenzar la exploración de la línea horizontal siguiente. El tiempo de retorno es lo que se llama *retraza* o *retorno*. Durante el retorno no es explorada ninguna información de imagen a causa de que el tubo de cámara y el tubo de imagen están inhibidos durante este período. Por consiguiente, los retornos deben ser muy rápidos, ya que son tiempos inútiles o desperdiciados en lo que afecta a la información de imagen.
3. Cuando el haz ha retornado al lado de la izquierda, se sitúa en una posición vertical más baja a fin de que explore la línea inmediatamente inferior y no se repita la exploración de la misma línea. Esto se consigue por el movimiento de exploración vertical del haz, el cual está provisto además de la exploración horizontal.

Como resultado de la exploración vertical, todas las líneas horizontales son ligeramente inclinadas hacia abajo. Cuando está en la parte inferior, el haz retrocede en la retraza vertical hasta la parte superior para comenzar nuevamente la secuencia de exploración.

Líneas por cuadro. El número de líneas de exploración de una imagen completa debe ser grande con el fin de que incluya el mayor número posible de elementos de imagen y, por consiguiente, más detalles. Sin embargo, otros factores limitan la exploración, y ha sido normalizada en un total de 525 líneas de exploración para una imagen completa o cuadro. Este es el número óptimo de líneas

de exploración por cuadro para el ancho de banda normal de 6 MHz de los canales de televisión.

Cuadros por segundo. El haz se mueve lentamente hacia abajo al mismo tiempo que efectúa horizontalmente la exploración. Este movimiento vertical en la exploración es necesario para que no sean exploradas las líneas unas sobre otras. La exploración horizontal produce las líneas de izquierda a derecha, mientras que la exploración vertical esparce las líneas a fin de llenar el cuadro entre las partes superior e inferior.

El tiempo correspondiente a un cuadro completo con 525 líneas es 1/30 s. Entonces la frecuencia de repetición de imagen es igual a 30 cuadros por segundo.

Preguntas de prueba 2-2
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuántos cuadros completos de imagen son explorados en 1 s?
b. ¿Cuántas líneas de exploración horizontal hay en un cuadro?

2-3 Información de la señal vídeo

En una señal vídeo, la amplitud de la tensión o de la corriente cambia con respecto al tiempo, lo mismo que en una señal de audio, pero las variaciones de la señal vídeo corresponden a la información visual. La figura 2-4 es un ejemplo de señal vídeo. Consideremos esta señal como resultado de la exploración representada en la figura 2-3 para la imagen de la figura 2-2. Esta señal vídeo muestra la información de blanco y negro correspondiente a un línea de exploración horizontal en el centro de la cruz. En el lado de la izquierda la información es de blanco. Luego la información es de negro durante un tiempo más largo en el centro. Finalmente, la información vuelve a ser de blanco en el extremo de una línea, en el lado de la derecha. De esta manera se produce una señal vídeo para las líneas horizontales exploradas transversalmente en la imagen.

El total de 525 líneas constituye un cuadro. Todas estas líneas son exploradas en 1/30 s. Por tanto, los cuadros se repiten al ritmo de 30 Hz. Obsérvese que 30 Hz es la mitad de la frecuencia de la línea de distribución de energía de c.a. de 60 Hz.

La polaridad positiva de la señal vídeo puede corresponder al blanco y la polaridad negativa al

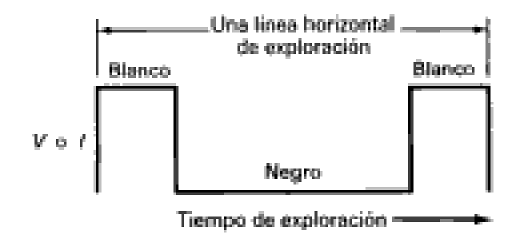


Fig. 2 - 4. Información de señal vídeo para una línea horizontal de exploración.

negro, o viceversa, dependiendo de la aplicación. De cualquier modo, el efecto principal es que el blanco y el negro están representados por polaridades opuestas de la tensión en una señal vídeo de c.a.

La señal vídeo es producida por un tubo de cámara. Este dispositivo captador convierte la información de imagen en la forma de variaciones de luz a variaciones eléctricas en la señal vídeo. El tubo de cámara incluye una placa fotoeléctrica de imagen para la conversión de la luz. Además, el haz electrónico se mueve transversalmente en la placa de imagen para explorar todos los elementos de imagen. Realmente, la forma de onda de la figura 2-4 es la de una señal de cámara.

Mediante el efecto opuesto, un tubo de imagen es capaz de reconstruir la imagen en su pantalla fluorescente. La señal vídeo varía la intensidad del haz en correspondencia a la información de la imagen. La máxima corriente del haz produce el blanco. El negro corresponde a corriente nula del haz. Además, el yugo de deflexión que rodea al cuello del tubo proporciona la exploración para llenar la pantalla con la imagen completa.

La señal de vídeo es el medio por el cual puede ser enviada la información de imagen desde un lugar a otro. El requisito principal es transmitir la información de imagen desde la salida del tubo de cámara hasta la entrada del tubo de imagen. Los métodos ordinarios incluyen lo siguiente:

1. Televisión de circuito cerrado
2. Grabación de vídeo sobre cinta o discos magnéticos
3. Difusión (radiación) de televisión
4. Televisión por cable
5. Televisión por satélite

El primer método utiliza directamente la señal vídeo de banda base, sin modulación de una onda portadora de RF. Los otros requieren señales de RF modulada.

Preguntas de prueba 2-3
Respuestas al final del capítulo

En la figura 2-4 ¿es de negro o es de blanco la información de la señal vídeo en el
a. lado de la izquierda o
b. en el centro?

2-4 Películas cinematográficas

Con todos los elementos de imagen del cuadro televisado por medio del proceso de exploración, es también necesario presentar visualmente la imagen de tal manera que aparezca en la pantalla cualquier movimiento que tenga lugar en la escena como un cambio gradual y continuo. Respecto a eso, el sistema de televisión es muy parecido a la práctica cinematográfica.

La figura 2-5 muestra una tira de película cinematográfica. Se compone de una serie de imágenes fijas en la que cada cuadro (fotograma en argot cinematográfico) de imagen difiere ligeramente del precedente. Cada cuadro es proyectado individualmente como imagen fija, pero son presentados uno tras otro en rápida sucesión para producir la ilusión de movimiento continuo.

En la práctica comercial cinematográfica normal, son presentados 24 cuadros en la pantalla cada segundo durante la proyección. En el proyector, un obturador gira delante de la fuente de luz o foco. El obturador permite que la luz sea proyectada en la pantalla cuando el cuadro de la película está inmóvil o fijo, pero bloquea la luz durante el tiempo en que el cuadro siguiente de la película está en movimiento. De esta manera, se consigue que en la pantalla se vea una rápida sucesión de cuadros de la película.

Persistencia de la visión. La impresión causada por cualquier luz que percibe el ojo persiste durante una pequeña fracción de segundo después de extinguida la fuente de luz. Por consiguiente, si el ojo percibe muchas imágenes durante este intervalo de persistencia de la visión, las integrará y producirá la impresión de que se ven todas las imágenes al mismo tiempo. Es el efecto de persistencia lo que hace posible televisar un elemento básico de una imagen en cada instante. Cuando los elementos son explorados con suficiente rapidez, el ojo los percibe como una imagen completa.

Además, para crear la ilusión de movimientos deben ser presentadas suficientes imágenes com-

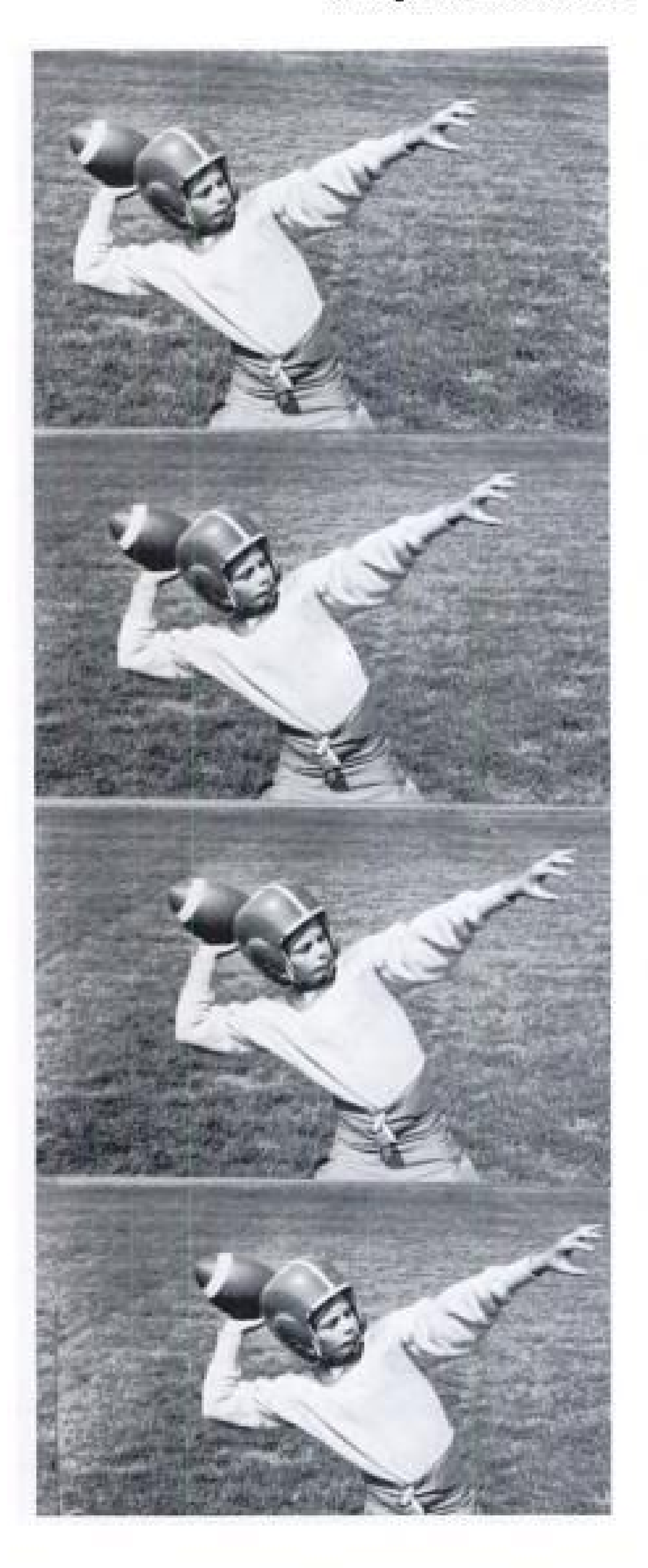


Fig. 2-5. Cuadros de imagen fija o estacionaria de una cinta de película cinematográfica.

pletas cada segundo. Este efecto puede ser producido cuando la velocidad de repetición de las imágenes es mayor de 16 por segundo. La velocidad de repetición de 24 imágenes por segundo adoptada en la práctica cinematográfica es satisfactoria y produce la ilusión de movimiento en la pantalla.

Parpadeo en la proyección cinematográfica. Sin embargo, la velocidad de 24 cuadros por segundo no es suficiente para permitir que el brillo de una imagen se mezcle o "funda" suavemente en la siguiente durante el tiempo en que la pantalla permanece oscura entre dos cuadros sucesivos. El resultado es una fluctuación de la luz o parpadeo perceptible cuando la pantalla se ilumina y oscurece alternativamente. Este parpadeo es peor en los casos de altos niveles de iluminación.

En las películas cinematográficas el problema de parpadeo se resuelve haciendo que pase la película por el proyector a razón de 24 cuadros por segundo, pero presentando cada cuadro dos veces de modo que queden proyectadas 48 imágenes en la pantalla durante cada segundo. Para interceptar la luz proyectada en la pantalla se utiliza un obturador no sólo durante el tiempo en que cada cuadro se está cambiando, sino una vez durante el tiempo de exposición. Entonces cada cuadro se proyecta dos veces en la pantalla.

Hay 48 vistas de la escena durante cada segundo y la pantalla se oscurece 48 veces por segundo, aunque siga habiendo 24 cuadros de imagen por segundo. Debido a este aumento de la velocidad de borrado queda suprimido el parpadeo.

Preguntas de prueba 2-4
Respuestas al final del capítulo

Responder verdadero o falso.

a. La sensación de movimiento se obtiene por una rápida sucesión de imágenes fijas.
b. Se produce parpadeo cuando el ritmo de borrado es demasiado rápido.

2-5 Frecuencias de cuadro y de campo

En televisión se utiliza un proceso análogo para reproducir el movimiento de la escena. No sólo queda descompuesta cada imagen en sus muchos elementos individuales, sino que la escena es explorada con la rapidez necesaria para proveer un número suficiente de imágenes completas o cuadros por segundo y producir la ilusión de movimiento. En lugar de los 24 cuadros por segundo de la práctica comercial en cinematografía, en el sistema de televisión la velocidad de repetición de los cuadros es de 30 por segundo. Esta velocidad de repetición produce la continuidad necesaria del movimiento.

La velocidad de repetición de imágenes de 30 por segundo todavía no es lo suficientemente rápida para resolver el problema del parpadeo con los altos niveles de iluminación que se producen en la pantalla del tubo de imagen. La solución es análoga a la de la práctica cinematográfica. Cada cuadro se divide en dos partes, de modo que se presentan 60 vistas de la escena durante cada segundo. Pero la división del cuadro en dos partes no se puede efectuar por el método sencillo del obturador utilizado en cinematografía, a causa de que en los sistemas de televisión la imagen es reproducida por elementos individuales en cada instante. En su lugar se obtiene el mismo efecto entrelazando las líneas de exploración horizontal en dos grupos, uno el de las líneas impares y otro el de las líneas de número par. Cada grupo de líneas pares o de líneas impares es lo que se llama un *campo*.

La velocidad de repetición de los campos es 60 por segundo, ya que durante un período de cuadro de 1/30 s son explorados dos campos. De esta manera, aparecen 60 vistas de la imagen durante un segundo. Esta velocidad de repetición es suficientemente rápida para eliminar el parpadeo.

En Estados Unidos se elige para la televisión la velocidad de repetición de 30 campos por segundo, en vez de la de 24 de la cinematografía comercial, a causa de que la frecuencia de las líneas de distribución de energía de c.a. es normalmente de 60 Hz. Con una velocidad de cuadro de 30 por segundo, la velocidad de campo es exactamente igual a la frecuencia de la línea de 60 Hz. En los países en que la frecuencia de la línea de energía es 50 Hz, la velocidad de cuadro es 25 Hz y, por consiguiente, la frecuencia de campo es 50 Hz. Al final del libro, en el apéndice D, están comparadas las normas de televisión de Estados Unidos y de otros países.

Preguntas de prueba 2-5
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuántos campos de exploración hay en un cuadro de imagen?
b. ¿Cuántos campos son explorados en 1 s?

2-6 Frecuencias de exploraciones vertical y horizontal

La velocidad de campo de 60 Hz es la frecuencia de exploración vertical. Este es el ritmo con que el haz electrónico completa su ciclo de movimiento vertical, desde la parte superior hasta la parte inferior de la pantalla para volver nuevamente a la parte superior. Por consiguiente, los circuitos de deflexión (desviación) vertical para el tubo de cámara y para el tubo de imagen funcionan a 60 Hz. El tiempo de cada ciclo de exploración vertical de un campo es 1/60 s.

El número de líneas de exploración horizontal de un campo es la mitad del total de 525 líneas de un cuadro completo, ya que un campo contiene la mitad de líneas. Esto da por resultado 262 1/2 líneas horizontales para cada campo.

Como el tiempo que corresponde a un campo es 1/60 s y cada campo contiene 262 1/2 líneas, el número de líneas por segundo es

$$262\ 1/2 \times 60 = 15.750$$

Ahora bien, considerando que hay 525 líneas en dos campos sucesivos, que constituyen un cuadro, podemos multiplicar por 525 la velocidad de cuadro, que es 30, y esto nos da 15.750 líneas exploradas en un segundo.

Esta frecuencia de 15.750 Hz es la velocidad con que el haz electrónico completa su ciclo de movimiento horizontal de izquierda a derecha y vuelve a la izquierda nuevamente. Por tanto, los circuitos de deflexión horizontal del tubo de cámara y del tubo de imagen funcionan a 15.750 Hz.

Tiempo de línea horizontal. El tiempo durante el cual se realiza la exploración de una línea horizontal es 1/15.750 segundos. En términos de microsegundos,

$$\text{Tiempo } H = \frac{1.000.000}{15.750}\ \mu\text{s} = 63{,}5\ \mu\text{s (aprox.)}$$

Este tiempo en microsegundos indica que la señal vídeo que corresponde a los elementos de imagen contenidos en una línea horizontal puede tener altas frecuencias, del orden de los megahercios. Recuérdese que la frecuencia f es igual a $1/T$. Si hubiese más líneas, el tiempo de exploración sería más corto, y las frecuencias vídeo serían más altas. En el sistema de 525 líneas, la más alta frecuencia vídeo está limitada a 4 MHz aproximadamente a causa de la restricción de 6 MHz para los canales de difusión comercial de televisión.

Preguntas de prueba 2-6
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál es la frecuencia de exploración horizontal, en hercios?
b. ¿Cuál es el tiempo correspondiente a la exploración de una línea horizontal, en microsegundos?
c. ¿Cuál es la frecuencia de exploración vertical del campo, en hercios?

2-7 Sincronizaciones horizontal y vertical

El tiempo de exploración corresponde a la distancia en la imagen. Cuando el haz electrónico del tubo de cámara explora la imagen, el haz cubre los diferentes elementos de la imagen y provee la correspondiente información. Por consiguiente, cuando el haz electrónico explora la pantalla del tubo de imagen en el receptor, la exploración debe estar exactamente sincronizada para que ensamble la información de imagen en la posición correcta. De otra manera, el haz electrónico puede estar explorando en el tubo de imagen la parte de la pantalla en que debe estar situada la boca de una persona mientras que en ese tiempo se está recibiendo la información de imagen que corresponde a su nariz. Para que se correspondan exactamente la exploración del transmisor y la del receptor, deben ser transmitidas con la información de imagen señales de sincronización especiales. Estas señales temporizadoras son impulsos rectangulares que se utilizan para controlar la exploración en la cámara y en el receptor respectivamente.

Los impulsos sincronizadores son transmitidos como parte de la señal de imagen completa para el receptor, pero ocurren durante el tiempo de borrado cuando no se transmite información de imagen. Ésta queda borrada durante este período mientras retrocede el haz electrónico.

Al final de cada línea un impulso de sincronización horizontal determina el inicio de la retraza horizontal. La sincronización tiene lugar al principio de la retraza o al finál de la traza, y no al principio de la traza. La retraza horizontal del haz electrónico comienza en el lado de la derecha de la imagen.

La sincronización vertical al final de cada cam-

po determina el comienzo de la retraza vertical. En ese instante el haz electrónico está en la parte inferior de la imagen.

Sin la sincronización vertical del campo, la imagen reproducida en el receptor no estaría inmóvil o fija sino que se desplazaría subiendo y bajando en la pantalla del tubo de imagen. Si las líneas de exploración no estuviesen sincronizadas, la imagen no estaría tampoco fija sino que se deslizaría horizontalmente a izquierda y derecha y entonces se desgarraría en segmentos diagonalmente.

En resumen, la frecuencia de la exploración de líneas horizontales es 15.750 Hz y la frecuencia de los impulsos sincronizadores horizontales es también 15.750 Hz. La velocidad de repetición de cuadro es 30 por segundo, pero la frecuencia de exploración vertical de campo es de 60 Hz, y la frecuencia de los impulsos sincronizadores verticales es también 60 Hz.

Obsérvese que las frecuencias de exploración de 15.750 y 60 Hz son exactas para televisión monocromática pero sólo son aproximadas para televisión en color. En ésta la frecuencia de exploración horizontal es exactamente 15.734,26 Hz y la del campo vertical es 59,94 Hz. Se utilizan estas frecuencias de exploración exactas para minimizar la interferencia entre la señal subportadora de color de 3,579545 MHz y la señal de luminancia (monocromática). Esta técnica se explica en el capítulo 8 "Circuitos y señales de televisión en color". Sin embargo, las frecuencias de las exploraciones vertical y horizontal se pueden considerar generalmente como de 15.750 y 60 Hz, respectivamente, a causa de que los circuitos de deflexión son automáticamente sincronizados en las frecuencias de exploración requeridas para la difusión monocromática y la de color.

Preguntas de prueba 2-7
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál es la frecuencia de los impulsos de sincronización horizontal para cada línea, en hercios?
b. ¿Cuál es la frecuencia de los impulsos de sincronización vertical para cada campo, en Hz?

2-8 Borrados horizontal y vertical

En televisión, la palabra *borrado* significa ennegrecimiento u oscurecimiento. Como parte que es de la señal de vídeo, la tensión de borrado está en el nivel de negro. La tensión de vídeo en el nivel de negro corta la corriente del haz en el tubo de imagen para oscurecer la pantalla. La finalidad de los impulsos de borrado es hacer invisibles las retrazas necesarias en la exploración. Los impulsos horizontales de 15.750 Hz oscurecen o borran cada una de las líneas de retraza de derecha a izquierda. Los impulsos verticales de 60 Hz borran la retraza desde la parte inferior hasta la parte superior de la pantalla en cada campo.

El tiempo necesario para el borrado horizontal es aproximadamente el 16 % de cada línea horizontal (H). El tiempo total para esta línea es 63,5 µs, incluyendo la traza y la retraza. El tiempo de borrado de cada línea es, pues, $63{,}5 \times 0{,}16 = 10{,}2$ µs. Este tiempo de borrado H significa que la retraza de derecha a izquierda debe ser completada en 10,2 µs, antes de que comience la información de imagen visible durante la exploración de izquierda a derecha.

El tiempo de borrado vertical *(V)* es aproximadamente el 8 % de cada campo V. El tiempo total de borrado vertical es 1/60 s, incluyendo la traza descendente y la retraza ascendente. El tiempo de borrado para cada campo es, pues, $1/60 \times 0{,}08 = 0{,}0013$ s. Este tiempo de borrado V significa que, dentro de 0,0013 s, la retraza vertical debe ser completada desde la parte inferior hasta la parte superior de la imagen.

Las retrazas ocurren durante el tiempo de borrado a causa de la sincronización de la exploración. Los impulsos de sincronización determinan la iniciación de las retrazas. Cada impulso de sincronización horizontal es insertado en la señal vídeo dentro del tiempo del impulso de borrado horizontal. También es insertado cada impulso de sincronización vertical en la señal vídeo dentro del tiempo del impulso de borrado vertical.

En resumen, un impulso de borrado comienza poniendo la señal vídeo en el nivel de negro; luego ocurre la señal de sincronización que inicia la retraza en la exploración. Esta secuencia se aplica a las retrazas horizontal y vertical.

Preguntas de prueba 2-8
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Es borrada la pantalla de televisión 30 o 60 veces por segundo?
b. ¿Cuál es la frecuencia (Hz) de los impulsos de borrado H correspondientes a cada línea?

2-9 La señal de color de 3,58 MHz

El sistema para la televisión en color es el mismo que para la televisión monocromática excepto que también se utiliza la información de color. Esto se realiza considerando la información de imágenes en términos de rojo, verde y azul. Cuando es explorada la imagen en el tubo de cámara, se producen señales de vídeo separadas para la información de rojo, verde y azul de la imagen. Filtros ópticos de color separan los colores para la cámara. Sin embargo, para el canal estándar de 6 MHz de televisión, las señales de vídeo de rojo, verde y azul son combinadas de modo que se forman dos señales equivalentes, una correspondiente al brillo y la otra para el color. Específicamente las dos señales transmitidas son las siguientes:

1. *Señal de luminancia.* Contiene sólo variaciones de brillo de la información de imagen, incluyendo los detalles finos, lo mismo que en una señal monocromática. La señal de luminancia se utiliza para reproducir la imagen en blanco y negro, o *monocroma*. Esta señal se denomina generalmente *señal Y* (que no significa "yellow" o amarillo).
2. *Señal de crominancia.* Contiene la información de color, y es transmitida como modulación en una subportadora. La frecuencia de la subportadora es exactamente de 3,579545 MHz, que generalmente se considera como de 3,58 MHz. Por tanto, la frecuencia para el color es de 3,58 MHz. Generalmente se denomina *señal C* para crominancia o croma.

En un receptor de televisión en color, la señal de color es combinada con la señal de luminancia para recuperar las señales vídeo originales de rojo, verde y azul. Luego, éstas son utilizadas para reproducir la imagen en color sobre la pantalla de un tubo de imagen de color. La pantalla de color tiene fósforos que producen rojo, verde y azul. Todos los colores pueden ser producidos como mezclas de rojo, verde y azul. En la lámina I aparece una imagen típica de televisión en color.

En los receptores monocromáticos, la señal *Y* reproduce la imagen en blanco y negro. La señal de color de 3,58 MHz no se utiliza.

Así se consigue que los sistemas de color y monocromáticos sean completamente compatibles. Cuando se televisa un programa en color, la imagen es reproducida en color por los receptores de color, mientras que los receptores monocromáticos presentan la imagen en blanco y negro. Por otra parte, los programas televisados en monocromía son reproducidos en blanco y negro por los receptores monocromáticos y por los de color. El tubo de imagen tricolor también puede reproducir el blanco combinando los colores rojo, verde y azul.

La información de color comienza con rojo, verde y azul en la cámara y finaliza con rojo, verde y azul en el tubo de imagen, a causa de que éstos son los colores primarios en televisión. Las otras señales de color corresponden a la información codificada utilizada por conveniencia en la transmisión. En el capítulo 8 "Circuitos y señales de televisión en color" se explican los métodos de codificación de la información de color.

Preguntas de prueba 2-9
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. La señal *Y* de luminancia es para la información de la imagen en blanco y negro.
b. La señal de crominancia para color es de 3,58 MHz.
c. La señal de crominancia incluye la información de imagen roja, verde y azul.

2-10 Propiedades de la imagen

Suponiendo que esté sincronizada para que permanezca inmóvil, la imagen reproducida debe poseer también alto brillo, fuerte contraste y detalle agudo, y las proporciones correctas de altura y anchura. Estos requisitos son aplicables tanto en blanco y negro o monocromía como en color. Además, la imagen en color debe tener color intenso, o saturación, con los tintes o matices correctos.

Brillo. El *brillo* es la intensidad global, o media, de iluminación y determina el nivel de fondo en la imagen reproducida. Los elementos individuales de imagen pueden variar entonces en más y en menos con respecto a este nivel medio de brillo. El brillo en la pantalla depende del valor de la alta tensión* aplicada al tubo de imagen y de su polarización de c.c. en el circuito rejilla-cátodo. En los receptores de televisión el control de brillo hace variar la polarización de c.c. del tubo de imagen.

* Denominada muy alta tensión (MAT) en otros textos.

La pantalla fluorescente del tubo de imagen es iluminada solamente en una pequeña superficie (punto o mancha luminosos) en cada instante. Por consiguiente, el brillo de la imagen completa es mucho menor que el de la iluminación real en este punto. Cuanto mayor sea la pantalla más iluminación es necesaria para producir suficiente brillo.

Contraste. *Contraste* significa diferencia de intensidad entre las partes negras y blancas de la imagen reproducida. El margen de contraste debe ser suficiente para producir una imagen fuerte o intensa, con blanco brillante y negro oscuro para obtener los valores extremos de intensidad.

La amplitud de la señal vídeo de c.a. determina el contraste de la imagen reproducida. La amplitud de la señal de c.a. es lo que determina la intensidad del blanco en comparación con las partes negras de la señal. En los televisores, el control de contraste hace que varíe la amplitud pico a pico de la señal vídeo de c.a. acoplada al circuito rejilla-cátodo del tubo de imagen.

Téngase presente que el negro de la imagen corresponde al mismo nivel de iluminación que se ve en la pantalla del tubo de imagen cuando no está conectado el televisor. En una imagen, este nivel parece negro en contraste con la fluorescencia del blanco. Sin embargo, el negro no puede aparecer más oscuro que la luz de la habitación reflejada desde la pantalla del tubo de imagen. La iluminación ambiental debe ser suficientemente baja para que el negro aparezca oscuro. Sin embargo, la imagen aparece desleída o difuminada, con bajo contraste, cuando se ve bajo iluminación de luz solar a causa de que la mucha luz reflejada en la pantalla hace imposible que el negro sea oscuro.

Detalle. La calidad de detalle, que también se llama *resolución* o *definición*, depende del número de elementos de imagen que pueden ser reproducidos. Con muchos pequeños elementos de imagen se evidencian detalles finos de ésta. Por consiguiente, deben ser reproducidos tantos elementos de imagen como sea posible para que la definición de la imagen sea buena. Esta calidad hace que la imagen sea bien perceptible y clara. Pueden verse pequeños detalles si los objetos de la imagen aparecen agudamente definidos o contorneados. Una buena definición dará también una profundidad aparente en la imagen haciendo visibles los detalles del fondo. Esta calidad mejorada de una imagen con más detalles se puede apreciar en la figura 2-6 que muestra cómo un mayor número de elementos de imagen aumenta la definición.

En el sistema de televisión comercial de Estados Unidos, la imagen reproducida en la pantalla está limitada a un máximo de 150.000 elementos de imagen, aproximadamente, contando todos los detalles horizontal y verticalmente. Esta definición proporciona casi el mismo detalle que una película cinematográfica de 16 mm. Se aplica a cualquier tamaño de cuadro, desde la pequeña imagen de 4 × 3 pulgadas (102 × 76 mm) a una imagen proyectada de 20 × 15 pies (6,1 × 4,6 m). La razón es que la máxima definición de una imagen de televisión depende del número de líneas exploradas y del ancho de banda del canal de transmisión.

Nivel de color. Realmente, la información de color está superpuesta a una imagen monocromática. La cantidad de color añadido depende de la amplitud de la señal de crominancia de 3,58 MHz. La cantidad o *nivel de color* se varía controlando la ganancia o nivel de la señal *C*. En los receptores de televisión en color este control se rotula simplemente *color*, *croma* o *saturación*. El control de color debe variar la imagen desde ausencia de color hasta los colores medios y pálidos, y colores intensos o vívidos.

Matiz. Lo que generalmente se denomina color de un objeto es más estrictamente su *matiz* o *tinte*. Por ejemplo, la hierba tiene un matiz verde. En una imagen de televisión en color, el matiz o tinte depende del ángulo de fase de la señal de crominancia de 3,58 MHz. Esta fase se varía con respecto a la señal de sincronismo de color por el control de matiz o tinte. Se puede ajustar el control para obtener el matiz correcto de cualquier color conocido de la escena, tal como el del azul del cielo, o el verde de hierba o tonos de tez rosados. Entonces todos los demás matices resultan correctos, ya que el sincronismo de color mantiene los matices en su fase correcta.

Relación de aspecto. La relación entre la anchura y la altura del cuadro de imagen es lo que se llama *relación de aspecto*. Está normalizada en 4:3, de modo que la anchura de la imagen es igual a la altura multiplicada por 1,33. Se utiliza la misma relación de aspecto aproximadamente para los cuadros de la película cinematográfica convencional. El que la anchura del cuadro sea mayor que su altura permite reproducir el movimien-


(a)


(b)

Fig. 2 - 6. La calidad de imagen se mejora con mayor detalle. (a) *Estructura basta con pocos detalles. La definición, o resolución, es mala.* (b) *Detalles finos para buena calidad.*

to de la escena, que ordinariamente tiene dirección horizontal.

Solamente se ajustan las proporciones por la relación de aspecto. El cuadro real puede tener cualquier tamaño desde algunas pulgadas cuadradas hasta 20 × 15 pies (6,1 × 4,6 m) cuando se mantiene la relación de aspecto 4:3. Si el tubo de imagen no reproduce la imagen con esta proporción, las personas aparecen demasiado delgadas o gruesas en la escena.

La pantalla rectangular del tubo de imagen tiene las proporciones de 4:3, aproximadamente, de anchura a altura. Por consiguiente, cuando la amplitud de exploración horizontal llena la anchura de la pantalla y la exploración vertical llena la altura, la imagen reproducida tiene la relación de aspecto correcta.

Distancia de visión. Aproximándonos a la pantalla vemos todos los detalles, pero entonces son visibles las líneas de exploración individuales. También podremos ver el grano fino de la reproducción de la imagen. En televisión, el grano consiste en pequeñas manchas blancas, llamadas *nieve*, producidas por ruido en la señal de vídeo. La mejor distancia de visión es, pues, un compromiso de aproximadamente de 4 a 8 veces la altura de la imagen.

Preguntas de prueba 2-10
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Qué es lo que hace aumentar más la señal de vídeo en la imagen, el contraste o la resolución?

b. ¿Qué es lo que produce iluminación media de la pantalla, el brillo o el contraste?

2-11 El canal de difusión de televisión de 6 MHz

El grupo de frecuencias asignado por la FCC a una estación difusora de televisión para la transmisión de sus señales es lo que se llama un *canal*. Cada estación de televisión tiene un canal de 6 MHz dentro de una de las siguientes bandas asignadas a la difusión comercial de televisión:

1. 54 a 88 MHz para los canales VHF de banda baja 2 a 6.
2. 174 a 216 MHz para los canales VHF de banda alta 7 a 13.
3. 470 a 890 MHz para los canales UHF 14 a 83.

En todas las bandas, cada canal de TV tiene un ancho de 6 MHz. Por ejemplo, el canal 3 es de 60 a 66 MHz. En cada canal están incluidas ambas señales portadoras de RF de imagen y sonido.

Estos canales están resumidos en la tabla 1-1. Todos los canales están reseñados en el apéndice A con sus frecuencias portadoras correspondientes. Cada canal se utiliza para las señales de imagen y sonido como muestra la figura 2-7.

Modulación vídeo. El ancho de banda de 6 MHz es necesario principalmente para la señal portadora de imagen. La amplitud de esta señal portadora es modulada por la señal vídeo con un amplio margen de frecuencias vídeo de hasta aproximadamente 4 MHz. Las frecuencias moduladoras vídeo más altas de 2 a 4 MHz corresponden a los detalles horizontales de la imagen más pequeños.

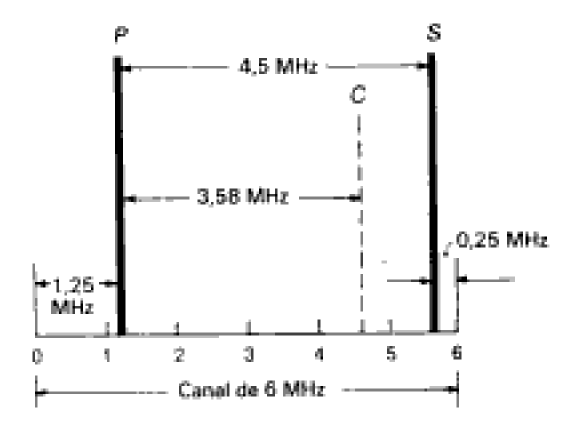


Fig. 2 - 7. Cómo se utilizan las frecuencias en el canal estándar de televisión de 6 MHz. P es la portadora de imagen; S es la portadora de sonido; C es la subportadora de color.

Modulación de crominancia. Para la difusión de TV en color la señal de crominancia de 3,58 MHz contiene la información de color. Esta señal de color está combinada con la señal de luminancia formando una señal vídeo que modula la onda portadora de imagen para su transmisión al receptor.

El sonido FM. También está incluida en el canal de 6 MHz la señal portadora de sonido para la imagen, que se denomina de *sonido asociado*. La portadora de sonido es una señal de FM modulada por frecuencias audio comprendidas en el margen de 50 a 15.000 Hz. Este margen de frecuencias audio es el mismo que el de las estaciones de la banda de radiodifusión de FM de 88 a 108 MHz. En la señal de sonido de TV la máxima excursión de la frecuencia portadora es ± 25 kHz para modulación de 100 %. Esta excursión es menor que ± 75 kHz para modulación del 100 % en la banda de radiodifusión de frecuencia modulada. Sin embargo, el sonido de televisión tiene todas las ventajas de la FM en comparación con la AM, incluyendo las de menos ruido y menos interferencia.

La AM es mejor para la señal de imagen a causa de que las imágenes fantasma resultantes de la recepción por diversos caminos son menos perceptibles. Con AM los fantasmas se mantienen inmóviles, pero con FM fluctúan en la imagen.

Frecuencias portadoras. La figura 2-7 muestra las señales portadoras diferentes incluidas en el canal estándar de 6 MHz. La frecuencia portadora de imagen, designada *P*, es siempre 1,25 MHz más alta que el extremo inferior del canal. En el extremo opuesto, la frecuencia portadora de sonido, designada *S*, es 4,5 MHz superior a la portadora de imagen, o 0,25 MHz inferior al extremo alto. Esta separación entre las frecuencias portadoras es aplicable a todos los canales de TV en las bandas VHF y UHF, tanto si el programa de TV es de color o monocromático.

Obsérvese que la frecuencia portadora de imagen no está situada en el centro del canal de 6 MHz, a causa de que esta disposición proporciona más espacio para las bandas laterales superiores de la señal portadora modulada de imagen.

Para aplicar la separación estándar a las portadoras RF reales consideremos, por ejemplo, el canal 3. Este canal es de 60 a 66 MHz, lo cual

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE PRUEBA

2-1 **a.** V (verdadero)
b. V
c. F (falso)
2-2 **a.** 30
b. 525
2-3 **a.** Blanco
b. Negro
2-4 **a.** V
b. F
2-5 **a.** 2
b. 60
2-6 **a.** 15.750
b. 63,5
c. 60
2-7 **a.** 15.750
b. 60
2-8 **a.** 60
b. 15.750
2-9 **a.** V
b. V
c. V
2-10 **a.** Contraste
b. Brillo
2-11 **a.** 6
b. 4,5
c. ±25 kHz
d. 67,25 MHz
2-12 **a.** 4:3
b. AM
c. FM
d. Crominancia

3 Cámaras de televisión

La señal vídeo de la imagen tiene su origen en la cámara. La imagen óptica es enfocada sobre una placa sensible a la luz, llamada de "blanco" o de imagen contenida en el tubo de cámara. Por medio del efecto fotoeléctrico, las variaciones de luz son convertidas en sus correspondientes señales eléctricas. Generalmente se utiliza el vidicón ilustrado en la figura 3-1 o un tubo de cámara análogo.

La conversión del área total de imagen en señal vídeo se efectúa por el proceso de exploración. El haz electrónico explora en el tubo de cámara cada elemento de imagen de izquierda a derecha en cada línea horizontal, línea por línea de arriba abajo. Cuando la exploración continúa en este orden secuencial, son convertidos los valores de iluminación de cada punto de la imagen en la salida de señal. El sistema es básicamente el mismo para la TV en color y la monocromática. Para el color, no obstante, son producidas señales separadas para el rojo, el verde y el azul para la información de imagen.

La figura 3-2 ilustra una pequeña cámara portátil televisando una escena. La cámara incluye un tubo de cámara, tal como el vidicón, con los circuitos asociados para la exploración y el procesado de señal. Para evitar la confusión de términos, al tubo de cámara se le llama generalmente *tubo de captación*. El conjunto, incluyendo los circuitos de exploración y de señal, es la *cámara de TV*, o *cámara de vídeo*. En las siguientes secciones se explican más detalles:

3-1 Operación fundamental de una cámara de TV
3-2 Tipos de tubos de cámara
3-3 Vidicón
3-4 Plumbicón
3-5 Saticón
3-6 Ajustes de la cámara
3-7 Separación óptica del color para rojo, verde y azul
3-8 Corrección de gamma
3-9 Cámaras de color de un solo tubo
3-10 Aplicaciones en el estudio y en el exterior
3-11 Lentes y valores de luz

3-1 Operación fundamental de una cámara de TV

La conversión de una imagen óptica en una señal vídeo es un logro técnico fantástico. Esto es especialmente aplicable a las cámaras portátiles de TV que pueden ser incluso más pequeñas que las cámaras de cine. Una ventaja importante de las cámaras de TV es que se puede ver la imagen inmediatamente, en lugar de esperar revelar la película.

En las figuras 3-2 y 3-3 está ilustrada una idea de la función de una cámara de TV. En la figura 3-2 la cámara apunta a la escena para que se pueda enfocar la imagen óptica en la placa de blanco del tubo de imagen. Si pudiéramos observar su interior veríamos la imagen óptica. La señal vídeo resultante está representada por la forma de onda del osciloscopio que hay situado en la parte inferior izquierda de la figura. Encima del osciloscopio está el monitor que muestra la imagen reproducida.

El diagrama de bloques de la figura 3-3 muestra más detalles de la forma de onda de la señal vídeo. Primero son añadidos los impulsos de borrado a la señal de cámara. Éstos hacen que la amplitud de la señal se sitúe al nivel de negro para que las retrazas de la exploración no sean visibles. Luego son insertados los impulsos de sincronización (sincronismo). Es necesaria la sincronización de los impulsos de exploración horizontal y vertical.

La señal de cámara con los impulsos de borrado y de sincronismo es lo que se llama *señal vídeo compuesta*. Algunas veces se utiliza el término de *señal vídeo no compuesta* para designar la señal de cámara con borrado, pero sin sincronismo. El nivel normal de la salida de la señal vídeo compuesta de la cámara es 1 V pico a pico (p-p), con los impulsos de sincronismo en la posición baja para polaridad negativa.

Fig. 3 - 1. Tubos vidicón de cámara. Los de menor tamaño tienen una placa frontal de ½ pulgada (12,7 mm) de diámetro. El espacio de la patilla que falta sirve de índice para las conexiones de la base y del zócalo.

Imagen óptica. En la figura 3-3 se utiliza un tubo de cámara vidicón. La imagen óptica es enfocada a la placa frontal de vidrio. Como el vidrio es transparente, la luz incide en la superficie interior de la placa de imagen fotoeléctrica. La lente óptica produce una imagen invertida de la escena en el área rectangular explorada por el haz electrónico. La imagen está invertida de derecha a



Fig. 3 - 2. Instalación de la cámara de TV para televisar una carta reflectante con blanco y negro. La forma de onda del osciloscopio muestra la salida de la señal vídeo.

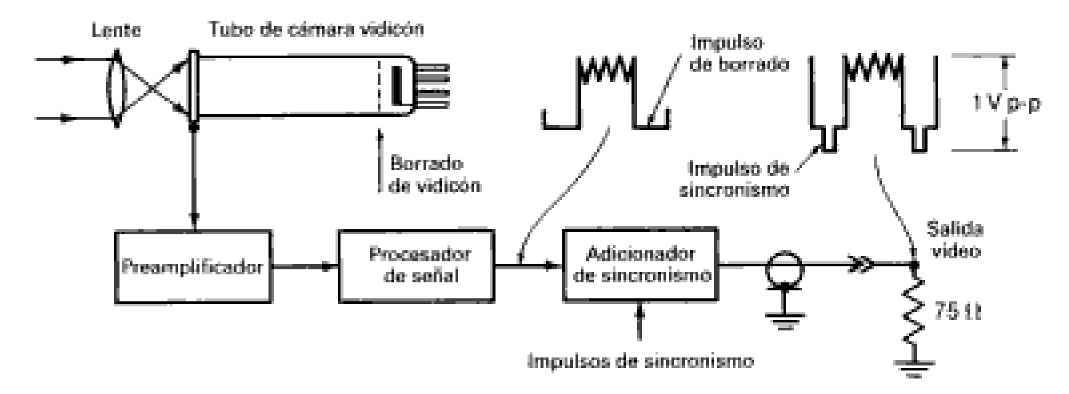


Fig. 3 - 3. Diagrama de bloques que muestra cómo la cámara de TV suministra la salida de señal de vídeo compuesta. Aquí no están representados la deflexión ni el enfoque del tubo de cámara.

izquierda y de abajo arriba. Toda lente convergente produce una imagen invertida. De esta manera, la lente funciona exactamente como en una cámara fotográfica, excepto que el plano focal es la placa frontal del vidicón en lugar de una superficie de película.

Además de la formación de la imagen óptica, la lente regula la luz por un diafragma mecánico incorporado en la armadura de la lente. El diafragma ajusta la abertura, o *apertura*, para regular la cantidad de iluminación que pasa a través de la lente. Lo mismo que en una cámara fotográfica, la abertura del diafragma está calibrada en *puntos del diafragma* (*f*). En cámaras de poco precio para uso individual o aplicaciones industriales, la abertura del diafragma se ajusta manualmente. La iluminación puede ser ajustada automáticamente en cámaras más avanzadas.

Conversión fotoeléctrica. Dentro del tubo de cámara, la imagen óptica es convertida en una figura de carga eléctrica. La cantidad de carga de cada elemento de imagen varía de modo directamente proporcional a la cantidad de luz. Esta figura de carga es explorada sucesivamente o secuencialmente en el tiempo por el haz electrónico que barre toda la placa de imagen. Aquí la exploración se efectúa de derecha a izquierda y de abajo arriba. Recuérdese que la imagen en el tubo de cámara está invertida por la lente.

La función del haz electrónico de exploración es descargar cada punto de la figura de carga de la imagen. Esta descarga produce la corriente de señal desde el electrodo de salida del tubo de cámara. Cuando es explorada toda la figura de carga, se produce la corriente de señal para la imagen.

Procesado de señal. La corriente de señal del tubo de cámara es extremadamente pequeña, de algunas décimas de microamperio. Por tanto, la primera etapa en la figura 3-3 representa un preamplificador para la señal de cámara del nivel bajo. Esta etapa representa un amplificador de alta ganancia y poco ruido, completamente apantallado para impedir la captación de interferencias eléctricas. El preamplificador está situado todo lo cerca posible del terminal de salida del tubo de cámara.

El haz electrónico explorador es suprimido durante los intervalos de retraza de las líneas horizontales y de las retrazas verticales. Esta supresión durante la retraza es necesaria para que el haz pueda retornar a su posición de partida sin que sea visible. La retraza, también llamada *retorno*, es mucho más rápida que la traza. El nivel de borrado o supresión del haz establece una referencia para el nivel de negro.

En la figura 3-3, después del preamplificador está el procesador de señal y el adicionador de sincronismo. El procesado de señal corrige las sombras indeseables en la imagen y provee la relación de contraste deseada. El sombreado se produce porque las características de la placa de imagen fotosensible no son perfectamente uniformes en toda su superficie.

Es necesario obtener la relación de contraste que se desee, lo que se llama *corrección de gamma*, para compensar el hecho de que el tubo de imagen resalta el blanco en la reproducción de la imagen. La corrección es comparable a la compresión y expansión de volumen en la señal de audio.

El procesado final incluye la fijación del nivel de las partes borradas de la señal vídeo con respecto a algún nivel de tensión, seguida por la

inserción de los impulsos de sincronización. En efecto, el nivel de borrado es un nivel de pedestal en el cual se añade el sincronismo.

El resultado final es la señal vídeo compuesta, que incluye las variaciones de la señal de cámara, los impulsos de borrado y los impulsos de sincronismo. El nivel normalizado de salida es 1 V p-p a través de 75 Ω, como muestra la figura 3-3. Los circuitos de salida de cámara están diseñados para excitar un cable coaxial de 75 Ω.

Control del haz. En la cámara están incluidos los medios para controlar la intensidad de la corriente del haz, el enfoque y la deflexión en el tubo de cámara. El enfoque del haz es crítico porque el tamaño del punto móvil determina la resolución total, o agudeza, de la imagen resultante.

Hay que tener en cuenta que la cámara de TV tiene dos ajustes de enfoque. El enfoque óptico enfoca con precisión la imagen luminosa en la superficie del tubo captador. El enfoque eléctrico hace que el haz electrónico incida con precisión en un minúsculo punto o mancha de la superficie fotosensible explorada. De lo contrario, se pierden los detalles cuando el haz barre los elementos de imagen.

El haz electrónico es deflectado o desviado por bobinas situadas en un yugo externo que rodea al tubo de cámara. La corriente de exploración lineal para la deflexión uniforme está provista por generadores de rampa o diente de sierra de corriente para las exploraciones *H* y *V*. Éstos son activados por una fuente principal de temporización llamada *generador de sincronismo*. En las cámaras del estudio, los generadores de diente de sierra son alimentados con las señales de *excitación H* y de *excitación V* de un generador principal que provee la misma excitación para todas las demás cámaras del sistema. De esta manera todas las cámaras exploran sincrónicamente. La señal normalizada de excitación es un impulso negativo de 4 V, cuyo flanco anterior o de ataque es coincidente con el principio del borrado, para las exploraciones *H* y *V*. Sin embargo, en las cámaras pequeñas portátiles, los circuitos de deflexión están excitados por un generador interno de sincronismo.

Unidad de cabeza de cámara y de control de cámara (CCU). Las cámaras de estudio están agrupadas en dos secciones principales, la de cabeza y la de control. La de cabeza contiene el tubo captador (o tubos en las cámaras de color), los circuitos de deflexión y los otros circuitos necesarios para el tubo de cámara y el preamplificador.

La CCU es la unidad principal de control, situada en la consola de la sala de control. En la CCU están las conexiones de interfaz, o sea, interconexiones, con el generador principal de sincronismo, la provisión para el control remoto de la apertura del diafragma en las lentes de cámara, los circuitos para el ajuste del nivel de negro y los otros accesorios para el procesado de señal.

La CCU suministra la corriente para la lámpara *indicadora* montada en la cámara para que el operador sepa cuál es la cámara que está televisando la imagen. Además, la CCU tiene conexiones de intercomunicación con el jack de auriculares de la cámara, que permite comunicaciones orales con el operador de cámara. Cuando ésta está bajo el control de la CCU, el operador solamente tiene que encuadrar la imagen, enfocarla y cambiarla de plano (zoom).

Preguntas de prueba 3-1
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. La lente invierte la imagen óptica en la placa frontal del tubo de cámara.
b. La señal vídeo compuesta incluye la señal de cámara y el sincronismo, pero no el borrado.
c. La señal vídeo compuesta estándar de la cámara es 1 V p-p con sincronismo negativo.

3-2 Tipos de tubos de cámara

Los dispositivos de captación de la cámara han progresado mucho desde los primeros días de la exploración mecánica con el *disco de Nipkow*. En este sistema se empleaba un disco giratorio que tenía una espiral de orificios perforados desde el borde hasta el centro para explorar los elementos de imagen. Los primeros dispositivos de captación completamente eléctricos fueron el *disector de imagen* y el *iconoscopio*, que después han sido perfeccionados por el iconoscopio de imagen y el orticón. El nombre de *orticón* indica una relación lineal entre la entrada de luz y la salida de señal. Estos primeros tubos de cámara se utilizaron en televisión desde aproximadamente 1932 hasta 1945. Otro dispositivo de captación que se utilizó fue el *explorador de punto móvil*. En este método el punto o mancha de luz se utiliza en la pantalla de un TRC como fuente de luz para explorar una diapositiva.

El tubo de cámara orticón de imagen (IO) creado en 1945 ha llegado a ser la pieza principal de

televisión durante muchos años a causa de su alta sensibilidad, comparada con la de los tipos más antiguos. Sin embargo, este tubo de cámara es relativamente grande y costoso debido a su compleja estructura. Actualmente se emplea el vidicón prácticamente en todas las aplicaciones de TV, incluyendo la de difusión, cámaras portátiles, cámaras de vigilancia y usos industriales. Éstos son los tipos principales:

Vidicón. Véase figura 3-1. Obsérvese el pequeño tamaño del vidicón, con su cara frontal de 2/3, 1 o 1,2 pulgadas (16,9, 25,4 o 30,5 mm) de diámetro. En este tubo de cámara la placa de blanco fotosensible, o placa de imagen, es de trisulfuro de antimonio.

Plumbicón. Este nombre es una marca de fábrica de N.V. Philips. El tubo de cámara es similar al vidicón básico, pero la placa de imagen del Plumbicón es de óxido de plomo (PbO). Su sensibilidad es mejor para la luz azul que para el rojo.

Saticón. Este nombre es una marca de fábrica de Hitachi Ltd. La placa de imagen es de selenio, arsénico y telurio.

Vidicón de silicio. Para la placa de blanco se utiliza una unión de semiconductor de silicio. La ventaja es su extremadamente alta sensibilidad para las aplicaciones en que la iluminación es escasa.

Chalnicón. Este nombre es una marca de Toshiba Electric Co. Ltd. La placa de blanco tiene una complicada disposición de varias capas de óxido de estaño, seleniuro de cadmio y trisulfuro de arsénico. Este tubo de cámara tiene muy alta sensibilidad.

Newvicón. Este nombre es una marca de Matsushita Electric. La placa de blanco está construida con una capa amorfa de selenio-zinc revestida por trisulfuro de antimonio. *Amorfo* significa un estado físico que no tiene una forma definida, equivalente a un líquido sólido. Las ventajas del Newvicón son su sensibilidad extremadamente elevada y una respuesta espectral que se extiende hasta las largas longitudes de onda de la luz correspondientes al infrarrojo.

Todos estos tubos de cámara son de construcción análoga a la del vidicón, pero para la placa de blanco se utilizan diferentes materiales con el fin de obtener las características fotoeléctricas esperadas. Es deseable una alta sensibilidad con el fin de que sea necesaria menos luz para la señal de cámara. La respuesta espectral determina la sensibilidad relativa para varios colores.

Preguntas de prueba 3-2
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. El diámetro de la placa de imagen del vidicón es aproximadamente 5 pulgadas (127 mm).
b. El tubo de cámara plumbicón utiliza una placa de blanco de silicio.

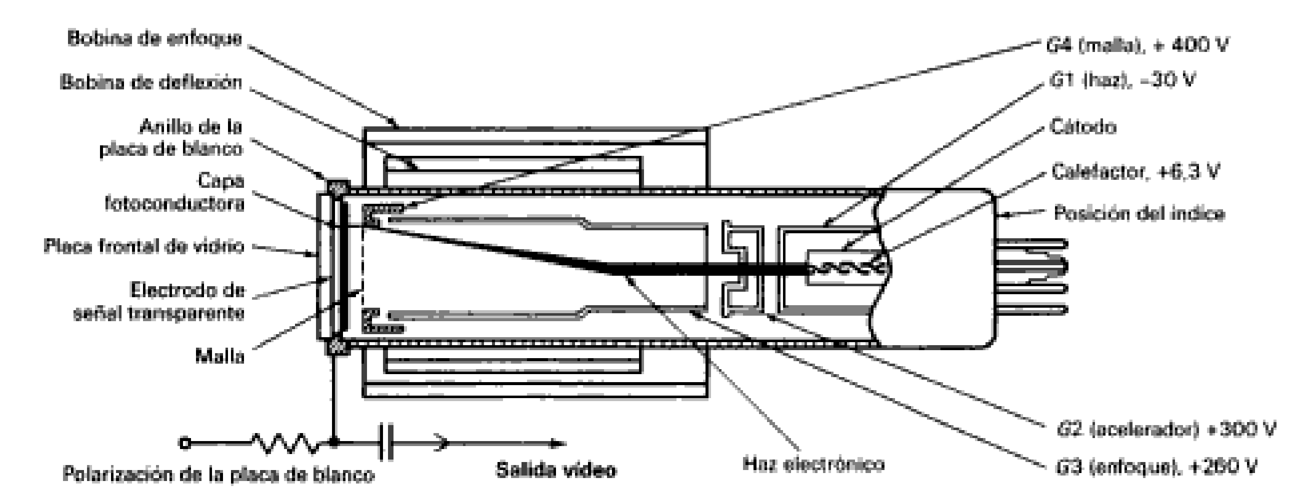


Fig. 3 - 4. Construcción interna del tubo de cámara vidicón. La salida de señal se toma a la izquierda en el anillo de blanco. Los imanes externos de alineación del haz están representados en la figura 3-14.

3-3 Vidicón

La figura 3-4 muestra los detalles de construcción del vidicón. Éste consiste en una envolvente de vidrio con una placa frontal ópticamente plana en el extremo para recibir la entrada de luz. En la superficie posterior o dorso de la placa frontal, colocada dentro de la envolvente en que se ha practicado el vacío, está el material fotosensible que sirve de placa de blanco, o placa de imagen. La placa tiene dos capas. La anterior o frontal, frente a la luz, es un delgado revestimiento transparente a la luz, pero eléctricamente conductor. Esta capa es de óxido de estaño (SnO). La conexión eléctrica a esta capa está constituida por un anillo metálico, o *anillo de blanco*, que rodea al tubo. El anillo de blanco es el terminal de salida de la señal.

El dorso de la placa de blanco, que queda enfrente del cañón electrónico, tiene un revestimiento de material fotosensible, usualmente de trisulfuro de antimonio. Esta capa es fotoconductora. Su resistencia disminuye con el aumento de la iluminación. En consecuencia, las variaciones de la intensidad de la luz se pueden convertir en variaciones eléctricas de señal.

La escena es enfocada por una lente óptica incorporada en la placa de blanco del vidicón. La luz pasa a través de la placa frontal de vidrio y la superficie interna conductora hasta la placa de imagen fotoconductora que es explorada por el haz electrónico. La señal de cámara resultante se toma del anillo de blanco. Los vidicones se fabrican en tres tamaños, de acuerdo con el diámetro de la cara frontal: 1,2 pulgadas (30,5 mm), 1 pulgada (25,4 mm) y 2/3 de pulgada (18 mm). La longitud es de 5 a 8 pulgadas (127 a 203 mm).

El haz electrónico en el vidicón. En el cátodo, que es calentado por emisión termoiónica, se originan electrones, lo mismo que en los tubos de vacío típicos. La tensión del calefactor es de 6,3 V a 95 miliamperios (mA).

Los electrones del cátodo son atraídos hasta la placa de blanco por la rejilla aceleradora positiva *G2* a 300 V. Sin embargo, la rejilla de control *G*1, que está situada a continuación del cátodo, controla la carga espacial continua al cátodo. La rejilla *G*1 está a −30 V con respecto al cátodo, que está al potencial de masa. Esta tensión de polarización controla la densidad de los electrones, o sea, la intensidad de la corriente del haz. La tensión de polarización de *G*1 se ajusta por el *control del haz*. *G*1 y *G*2 son pequeños cilindros metálicos con una abertura a través de la cual puede pasar el haz electrónico.

Después de *G2* está el largo electrodo de rejilla de enfoque *G3* a 260 V. A continuación hay la malla de hilo de *G*4, próxima a la placa de blanco. El potencial de *G*4 es de 400 V con respecto al cátodo.

Enfoque del haz. Los electrones convergen en un haz estrecho mediante las lentes electrostáticas contenidas en el cañón y una bobina externa para el enfoque magnético. La rejilla de enfoque *G*3, a 260 V, es menos positiva que la rejilla aceleradora a 300 V. El resultado es la deceleración de los electrones. El retardo de los electrones hace que converjan en el centro del haz. Además, se puede ajustar la corriente en la bobina de enfoque magnético. La bobina de enfoque rodea las bobinas de deflexión en el conjunto del yugo que rodea al tubo.

Deflexión del haz. Para explorar la imagen, se hace que los electrones del haz se muevan transversalmente a la misma frecuencia horizontal de líneas, y verticalmente a la frecuencia de repetición de campo por la corriente de las bobinas de deflexión. Cada conjunto de bobinas, dos para la deflexión *H* y dos para la deflexión *V*, está devanado en forma de silla de montar en el conjunto del yugo para que se adapte alrededor de la envolvente de vidrio.

El haz electrónico se mueve perpendicularmente a la dirección del campo magnético, para lo que las bobinas de deflexión *H* están montadas por encima y por debajo del tubo. Este campo magnético está en el plano vertical para desviar el haz horizontalmente. Análogamente, las bobinas de deflexión vertical están situadas a ambos lados del tubo.

Descarga del haz. En la parte anterior de la rejilla *G*3, cerca de la placa de blanco, la malla de hilo de *G*4 sirve como boca del cañón electrónico. La rejilla *G*4 es un disco de malla de hilo muy fino. Su potencial es 400 V con respecto al cátodo, pero la placa de blanco está a un potencial mucho más bajo, normalmente de 50 voltios. Por tanto, la placa de blanco es negativa con respecto a *G*4. El resultado es que los electrones son retardados y el haz llega a la placa de blanco con una velocidad muy baja.

Además, el campo eléctrico entre la placa de blanco y la malla de hilo es perpendicular a la superficie del blanco. En consecuencia, los electrones se aproximan perpendicularmente a esta placa en todos los puntos de la superficie, tanto

en el centro como en las esquinas y en los bordes de la placa de imagen. La trayectoria perpendicular de descarga del haz permite que el enfoque sea más uniforme en todos los puntos de la superficie. Otra ventaja de la baja velocidad del haz de exploración es la ausencia de emisión secundaria de los electrones desde el blanco, que pudieran interferir con el efecto fotoconductor para la imagen.

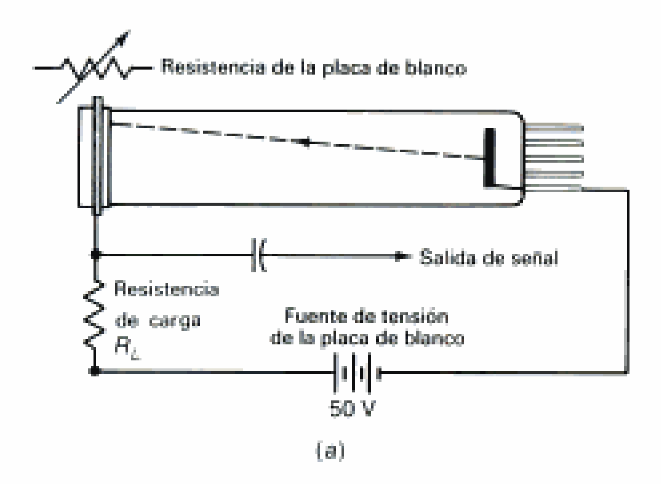
Acción fotoconductora. La capa de trisulfuro de antimonio es semiconductora y sensible a la luz. Esta capa se comporta como un aislante a temperaturas muy bajas y sin entrada de luz. En la estructura de enlace covalente de los semiconductores hay muy pocos electrones libres, pero la absorción de la luz eleva los niveles de energía de los átomos en la estructura cristalina. En consecuencia, la energía de los electrones es elevada hasta el nivel de conducción y los electrones pueden emigrar libremente hasta la capa positiva de óxido de estaño. Esta acción hace que la carga se desplace desde la cara anterior hasta la posterior de la placa de imagen o blanco. La carga positiva está en la superficie enfrentada con el cañón electrónico.

En efecto, la placa de blanco tiene una imagen de carga que corresponde a la imagen óptica. Las partes blancas de la imagen son las más positivas.

El desplazamiento de carga no forma una corriente de señal hasta que el haz electrónico recorre o barre cada elemento de imagen. El haz de baja energía deposita justamente los electrones suficientes en la placa de blanco para descargar cada punto hasta que su potencial sea nulo. Esta corriente de descarga, tomada en la conexión del anillo de blanco, es la corriente de señal que provee la señal de cámara.

Como muestra la figura 3-5, la corriente de descarga para la salida de la señal de cámara fluye en un circuito serie que comprende la placa de blanco, la resistencia de carga externa R_L, la fuente de alimentación de la placa de blanco, el cátodo que está al potencial de masa y el propio haz electrónico. En este circuito la placa de blanco actúa como resistencia variable. Su resistencia R varía entre 20 megaohmios (MΩ) sin iluminación y 2 MΩ con iluminación intensa.

La figura 3-6 muestra las curvas típicas de respuesta correspondientes a las características



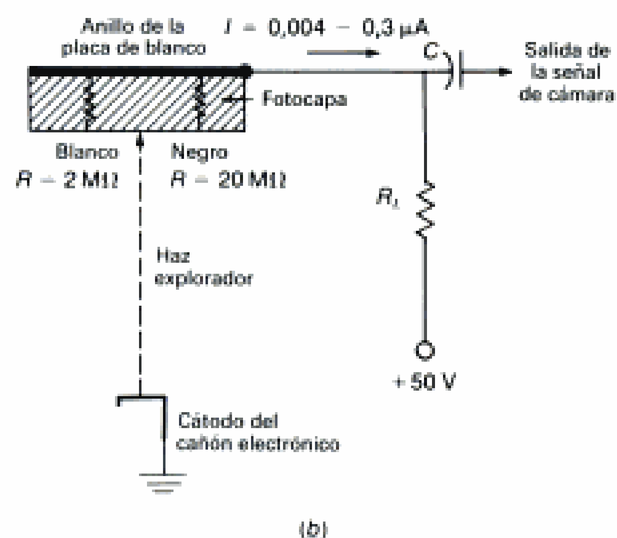


Fig. 3 - 5. Cómo produce el vidicón la corriente de señal para la salida de la señal de la cámara. (a) Disposición del circuito. (b) Esquema.

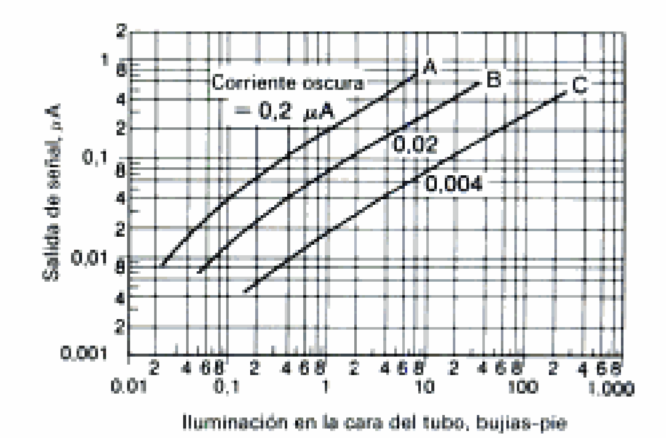


Fig. 3 - 6. Curvas características de transferencia de la luz para el tubo de cámara vidicón. (RCA.)

de transferencia de luz del vidicón. Cada curva corresponde a un valor específico de la *corriente oscura*, que es la corriente con entrada nula de luz cuando la lente está tapada. La corriente oscura se aumenta elevando la tensión de la placa de blanco. Mayor tensión de blanco mejora la sensibilidad de la cámara, lo cual es necesario cuando hay poca luz en la escena. Sin embargo, el problema de retardo de la imagen en la placa de blanco es peor con tensión más alta de la placa.

Respuesta espectral. Para producir una imagen monocromática adecuada, el fotoconductor debe dar una respuesta espectral para luz de diferentes colores similar a la respuesta del ojo. Diferentes longitudes de onda corresponden a diferentes colores, o matices. La respuesta humana no es uniforme para todo el espectro visible, sino que es máxima para la longitud de onda del verde-amarillo de aproximadamente 560 nanómetros (nm). Las respuestas espectrales del ojo humano y del vidicón están ilustradas en la figura 3-7.

Si viésemos luz de varios matices, de los cuales cada uno radiase la misma energía luminosa, el amarillo y el verde aparecerían más brillantes. Para formar una escala de grises de aspecto natural desde el negro hasta el blanco a través de los grises, el tubo de cámara debe tener una respuesta que sea máxima en las longitudes de onda del verde-amarillo. Un tubo de cámara sensible únicamente al azul, por ejemplo, produciría una imagen en blanco y negro en que los amarillos altamente saturados, los verdes y los rojos aparecerían negros o grises muy oscuros.

Obsérvese que los tubos de cámara que son sensibles al infrarrojo son utilizados para aplicaciones especiales. Estas cámaras pueden "ver en la oscuridad", puesto que las longitudes de onda infrarrojas no están en el espectro de luz visible.

Retardo de la imagen. La migración de los electrones libres como portadores de carga en la placa de imagen sensible a la luz es variable. Depende del espesor de dicha placa, de la estructura cristalina y de la tensión. En tensiones altas de la placa, una fracción de los portadores de carga liberados por la luz puede llegar demasiado tarde a la capa de óxido de estaño. Este efecto produce un lento desvanecimiento de la imagen. En los casos severos, la imagen es retenida en la pantalla durante algunos segundos después de que la cámara es enfocada a una nueva escena.

A causa del retardo de la imagen, se puede ver un efecto de rayos X. Por ejemplo, cuando un actor

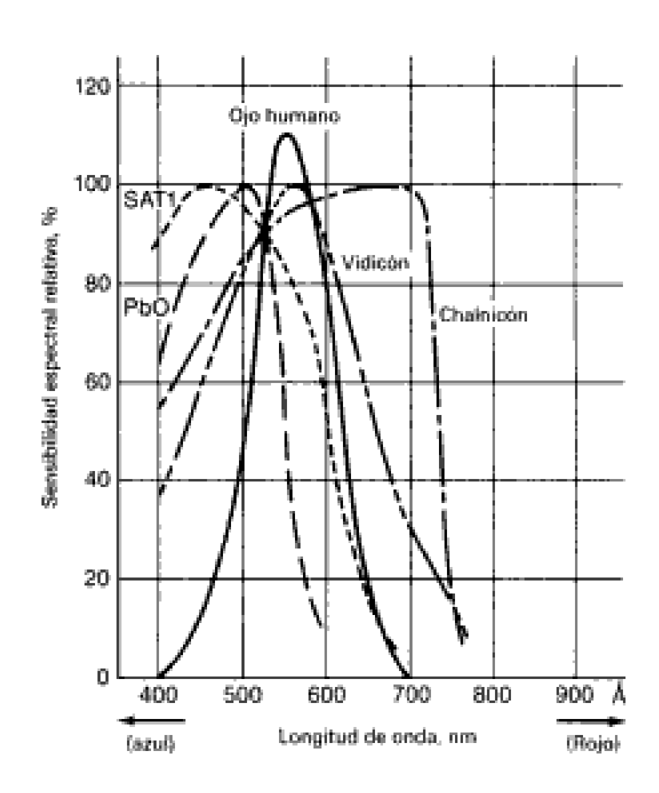


Fig. 3 - 7. Respuesta espectral de los tubos de cámara, comparada con la respuesta del ojo humano. PbO es óxido de plomo para el plumbicón. Las longitudes de onda están en nanómetros (1 nm = 10^{-9} m). En el extremo de la izquierda de la escala están las longitudes de onda más cortas para la luz azul.

pasa frente a una mesa, ésta continúa apareciendo como si el cuerpo del actor fuese transparente.

En casos menos severos de retardo de la imagen, los objetos móviles brillantes de la imagen aparecen con una cola o estela, que se desvanece lejos del sentido del movimiento.

Para evaluar la cantidad de retardo de imagen, se prueba la cámara con un péndulo oscilante o con una escena que tenga pequeñas zonas blancas en una plataforma giratoria.

Corriente oscura. Las señales portadoras de corriente son liberadas en la capa de la placa de blanco aun cuando esté completamente apantallada de la luz. La corriente resultante en la salida es la corriente oscura. Esta corriente es en muchos aspectos análoga a la corriente de fuga de los semiconductores, porque la corriente tiende a aumentar con la temperatura. La corriente oscura forma el "suelo" o nivel más bajo en la excursión

total de la señal cuando la cámara está en uso. Este suelo de la señal oscura es sustraído de la señal de salida total.

Es una práctica común ajustar la tensión de la placa de blanco para una corriente oscura especificada, normalmente una fracción de microamperio. El ajuste se hace con la lente tapada y la señal vídeo monitorada en la salida del preamplificador. Aquí se verifica la corriente oscura en términos de la tensión de señal. Esta tensión se mide con respecto al borrado, que corresponde a la corriente nula de la placa de blanco cuando está cortado el haz electrónico. La figura 3-8 muestra la forma de onda de una señal vídeo e identifica el intervalo de la tensión causado por la corriente oscura.

Quemado de la imagen. La exposición prolongada a escenas muy brillantes, de elevado contraste, puede perjudicar el material de la placa de blanco o imagen. Durante un cierto tiempo que sigue a la exposición permanece un negativo de la imagen, o quemado en la placa de blanco. En algunos casos se puede corregir el quemado de imagen haciendo funcionar la cámara con la lente enfocada a una tarjeta de cartulina plana blanca o a una sección despejada del cielo. Sin embargo, la cámara nunca debe ser apuntada hacia el sol o hacia cualquier otra fuente de luz muy brillante. En los casos graves, cuando no puede ser suprimido el quemado de la imagen por estos procedimientos, habrá que reemplazar al tubo de cámara.

Resolución y apertura del haz. La aptitud para resolver elementos de imagen depende del diámetro del haz electrónico en el punto en que incide en la placa de blanco. Idealmente éste debería ser un punto geométrico, sin dimensiones, pero esto no es realizable en los cañones electrónicos. El diámetro del haz, llamado *apertura*, produce una pérdida de resolución y una degradación durante el tiempo de subida cuando el haz explora transiciones abruptas de luz en la placa de blanco.

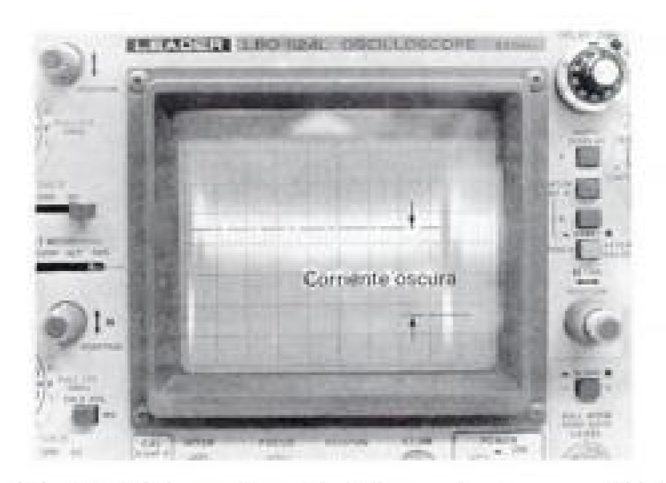


Fig. 3 - 8. Forma de onda de la corriente oscura del vidicón obtenida con la lente tapada.

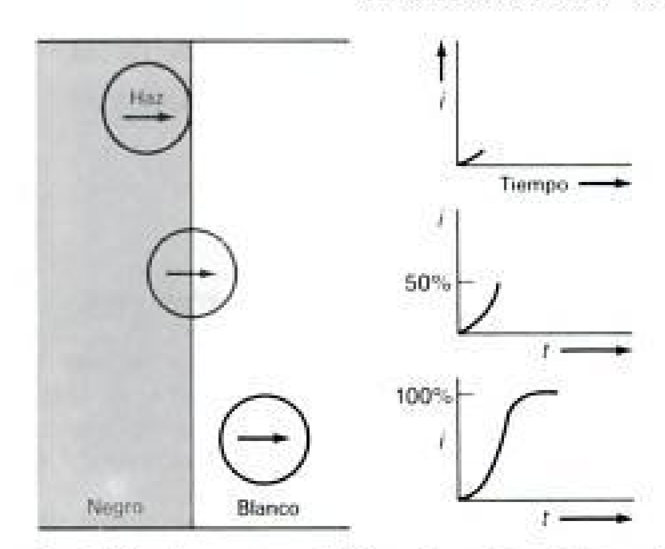


Fig. 3 - 9. La apertura del haz electrónico limita el tiempo de subida y el ancho de banda vídeo de la señal de cámara.

El efecto de la apertura del haz está ilustrado en la figura 3-9. Aquí el haz explora desde un área oscura hasta un área brillante en que la transición es abrupta. Pero la corriente de señal no aumenta en un tiempo nulo. Comienza lentamente cuando parte del haz se mueve en el área brillante, alcanza su valor medio cuando el haz está medio eclipsado entre las zonas brillante y oscura, y finalmente alcanza el máximo valor del blanco cuando el haz está totalmente en el área brillante.

Las limitaciones de la apertura del haz imponen un límite finito de la resolución y de la respuesta total de videofrecuencia. La respuesta de amplitud disminuye en alguna frecuencia (5 a 10 MHz) de la misma manera que disminuye la respuesta de un amplificador vídeo de banda ancha. Pero hay una diferencia, a causa de que la disminución de la respuesta de frecuencia resultante de los efectos de apertura no va acompañada por la variación de fase asociada a los amplificadores de banda ancha. En algunos casos, la respuesta en alta frecuencia de los amplificadores procesadores de señal es compensada para cancelar los resultados del efecto de apertura. Este tipo de ecualización es lo que se llama *corrección de apertura*.

Preguntas de prueba 3-3
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Son producidas las variaciones de la señal de G4 por la placa de blanco, o por la malla de hilo?
b. La capa fotoconductora, ¿tiene menos o más resistencia cuando aumenta la iluminación?
c. ¿Se verifica la corriente oscura tapando, o destapando la lente?
d. ¿Es el retardo de imagen un problema de apertura del haz, o de la placa de blanco?

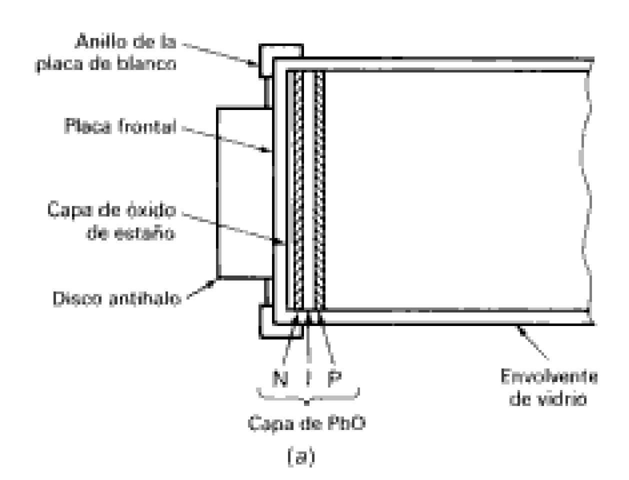
3-4 Plumbicón

Este tubo de cámara es análogo al vidicón, excepto que la placa de blanco tiene diferente construcción. Algunos plumbicones destinados a cámaras de estudio son un poco mayores que los vidicones. Otros son del mismo tamaño que los vidicones de 1 pulgada (25,4 mm) e intercambiables con los vidicones y tubos de cámara similares.

La figura 3-10 muestra la estructura de una placa frontal de plumbicón. Se compone de una película conductora transparente de óxido de estaño en la cara interior del vidrio. Sobre esta película hay depositada una capa de óxido de plomo (PbO) que ha sido dopada con elementos de traza o impurezas de la misma manera que el silicio se dopa durante la fabricación para formar uniones PN. La zona N es la más próxima a la placa frontal, la zona central no está dopada y forma una capa intrínseca (I) y la capa más próxima al cañón electrónico está dopada para formar la capa P.

La unión PIN así formada actúa de una manera muy parecida a la de un diodo semiconductor. El gradiente de tensión del campo creado en la capa intrínseca es muy elevado, por lo que todos los portadores de carga desprendidos debido a la absorción de la luz son barridos transversalmente en la placa de blanco para establecer la figura de carga de imagen frente al cañón. En consecuencia, el mecanismo que produce retardo en el vidicón no existe en el plumbicón. Esencialmente éste tiene menor retardo de todos los tubos de cámara.

También la corriente oscura es extremadamente baja y prácticamente no está afectada por la temperatura. La sensibilidad espectral del plumbicón es similar a la de la visión humana. Estos factores hacen que a menudo se elija el plumbicón para obtener las prestaciones que demanda la



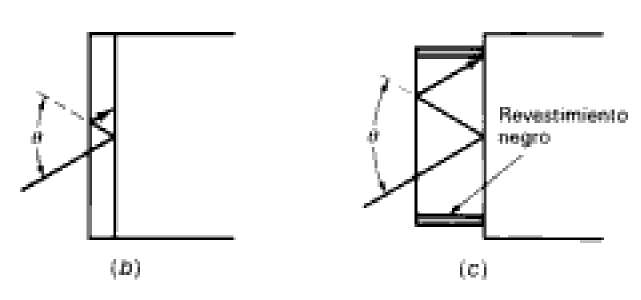


Fig. 3 - 10. Construcción de la placa de imagen o de blanco, en el tubo de cámara plumbicón. (a) *Capa de óxido de plomo. (U.S. JVC Corp.)* (b) *Causa del halo o dispersión de la luz.* (c) *Acción del disco antihalo.*

emisión de televisión y otras operaciones de alta calidad en el estudio.

Un inconveniente del plumbicón es el color naranja del propio material de la placa de blanco. Refleja hasta la placa frontal la luz de esta parte del espectro. La luz que incide oblicuamente es reflejada desde la placa frontal hasta la placa de blanco para formar un halo, también llamado *fulguración* de la imagen óptica. El dispositivo antihalo es un disco de vidrio con un revestimiento negro sobre su circunferencia. Este revestimiento tiene por objeto que la luz reflejada desde la placa de blanco sea absorbida por las paredes revestidas del disco antihalo (fig. 3-10 *b* y *c*).

Preguntas de prueba 3-4
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.
a. El plumbicón utiliza una capa de óxido de plomo para la placa de blanco.

b. El retardo de imagen es el mayor problema con el plumbicón.

3-5 Saticón

Las tres primeras letras del nombre *saticón* son iniciales de los materiales utilizados para la placa de blanco: selenio, arsénico y telurio. El selenio es conocido desde hace mucho tiempo por sus propiedades fotoeléctricas y fue uno de los primeros elementos químicos ensayados en los tubos captadores de TV. Sin embargo, estos tubos adolecían de inestabilidad química y cristalización, que rápidamente degradaban su prestación. El saticón utiliza el arsénico como agente impurificador o de dopado, el cual produce una estabilidad de largo término y evita la cristalización. Además, la capa de la placa de blanco está dopada con telurio en una estrecha banda próxima a la placa frontal para aumentar la sensibilidad al rojo profundo (larga longitud de onda) del espectro visible.

La estructura básica de la placa de blanco está ilustrada de forma simplificada en la figura 3-11. Lo mismo que en otros tubos, una capa de óxido de estaño transparente forma el terminal de la placa de blanco. Para suprimir la emisión de electrones secundarios es aplicada una placa delgada de trisulfuro de antimonio en la cara de la placa de blanco enfrentada con el cañón.

Los saticones se pueden fabricar a un coste relativamente bajo y su prestación es análoga a la de los plumbicones. Una ventaja del saticón es que el material casi negro de la placa de blanco refleja poca luz, lo que da lugar a muy poca dispersión de la luz dentro del material. Este factor contribuye a reducir la fulguración y mejora la resolución. Aunque la corriente oscura varía con la temperatura, es tan pequeña que su efecto es despreciable. El retardo puede ser recusable donde no haya iluminación de polarización.

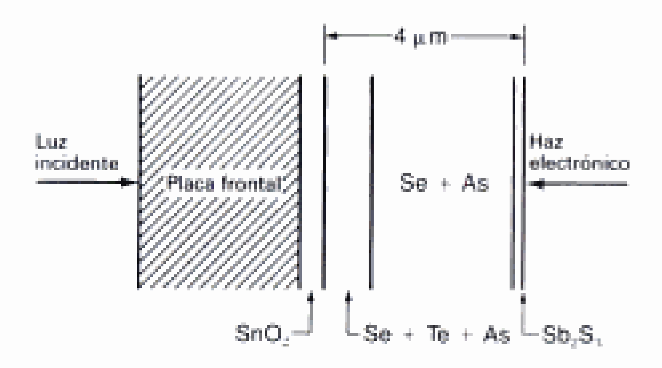


Fig. 3 - 11. Placa frontal del tubo de cámara saticón. (Símbolos químicos: Se = selenio, Te = telurio, As = arsénico, Sb_2S_3 = trisulfuro de antimonio, SnO_2 = dióxido de estaño).

Iluminación de polarización. Un método de minimizar el retardo de imagen en el saticón es mantener constante una mínima iluminación para la polarización en la placa de blanco. Esta luz asegura que haya suficiente corriente de señal para permitir una carga y descarga rápida de la capacidad de la capa.

El conjunto para la iluminación de polarización se compone de un anillo de unidades de diodos emisores de luz (LED) alrededor de la placa frontal del tubo de cámara. Esta iluminación constante eleva ligeramente el nivel de negro en la señal de la cámara. Sin embargo, el nivel estacionario puede ser sustraído eléctricamente de la señal vídeo en el circuito procesador de señal, por lo que se obtiene la plena excursión de señal entre el negro y el máximo blanco.

El uso de luz de polarización para el saticón da lugar a una característica de retardo casi tan buena como la del plumbicón. El plumbicón también tiene algún retardo originado por la capacidad de la placa de blanco, pero mucho menor. La iluminación de polarización se puede utilizar en algunas cámaras plumbicón para prevenir, incluso, pequeñas cantidades de retardo. El retardo de imagen es especialmente perceptible en el color, por lo que se puede ver una estela coloreada en un objeto brillante en movimiento.

Un reciente perfeccionamiento de los cañones electrónicos es el uso de un diseño diferente de la rejilla de control. La finalidad consiste en reducir la resistencia dinámica del haz, que reduce el retardo de la imagen. El cañón electrónico de este tipo se denomina *cañón de diodo*.

Preguntas de prueba 3-5
Respuestas al final del capitulo

Contestar verdadero o falso.

a. La placa de blanco del saticón está construida de la misma manera que la del plumbicón.
b. El uso de la iluminación de polarización reduce el retardo de la imagen.

3-6 Ajustes de la cámara

Los ajustes básicos de la cámara incluyen los de la tensión de la placa de blanco y de la corriente del haz, la alineación del haz, los enfoques óptico y eléctrico y la deflexión. En las cámaras de color que contienen dos o tres tubos captadores se deben realizar los ajustes para cada tubo.

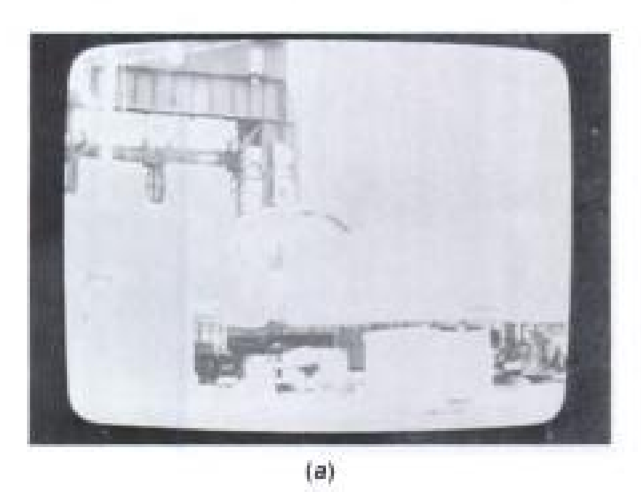
Tensión de la placa de blanco. A menudo los tubos de cámara se suministran con una hoja de especificaciones que incluye la tensión recomendada de la placa de blanco. Para los vidicones la operación con la tensión recomendada de esta placa proporciona la prestación óptica en cuanto a la sensibilidad y retardo. En la ausencia de la hoja de especificaciones, la práctica convencional para los vidicones es ajustar la tensión de la placa de blanco en el valor que produzca la corriente oscura recomendada. Esta corriente no se mide directamente. Se da una tensión de señal especificada, normalmente en la salida del preamplificador, medida con respecto al nivel de señal cuando está suprimido el haz. Consultar la figura 3-8 para una fotografía osciloscópica de la corriente oscura.

La corriente oscura es independiente de la tensión de la placa de blanco cuando ésta se comporta como una unión de semiconductor. Esta característica es aplicable a los plumbicones y a los saticones. Aquí se ajusta la tensión de la placa de blanco en el valor recomendado aplicable a todos los tubos de un tipo dado. Si se ajusta la tensión de la placa de blanco demasiado baja, disminuye algo la sensibilidad; si se ajusta demasiado alta hay el riesgo de ruptura eléctrica en el material de la placa y un deterioro permanente. La tensión de esta placa es algo más alta de 50 V.

Esta tensión se mide siempre con respecto al cátodo. Cuando son aplicados al cátodo los impulsos de supresión del haz, la tensión debe ser medida entre la placa de blanco y el cátodo sin los impulsos de borrado.

Corriente del haz. Debe haber suficiente corriente del haz para descargar la placa de blanco en sus partes más brillantes de la imagen de carga. Insuficiente corriente del haz da por resultado una señal vídeo baja así como superficies blancas saturadas. Entonces las superficies son difuminadas blancas por la limitación de la corriente del haz. Los picos de la forma de onda de salida aparecen planos y las partes brillantes de la imagen aparecen como manchas blancas sin detalle. La figura 3-12 *a* muestra una imagen de TV que tiene insuficiente corriente de haz. La imagen normal está ilustrada en la figura 3-12 *b*.

Excesiva corriente del haz produce distorsión geométrica y desenfoque de la imagen a consecuencia de la acumulación de la carga electrónica espacial entre la malla y la placa de imagen. La práctica normal es ajustar el nivel de salida de la señal vídeo utilizando una apertura de la lente recomendada y la figura de prueba iluminada con la luz incidente también recomendada. Entonces la apertura de la lente se realiza en dos pasos adicionales y el haz se ajusta para un nivel de salida de señal vídeo especificado. La apertura de la lente proporciona una corriente del haz suficiente para las altas luces que son precisamente



(a)



(b)

Fig. 3-12. Efecto del ajuste de la corriente del haz. (a) Corriente del haz insuficiente. (b) Corriente del haz normal.

más altas que la iluminación previsible en el uso normal.

Las cámaras de alta prestación emplean control automático del haz (ABC) o reforzamiento dinámico del haz (DBS) para aumentar la corriente de éste con altas luces anormales de la imagen. En este sistema la corriente del haz es modulada por la tensión entre $G1$ y el cátodo para reforzarla con señales que se aproximan al máximo blanco.

Enfoque. Hay dos ajustes del enfoque en una cámara de TV, el óptico y el eléctrico. El enfoque óptico adapta el plano focal de la lente al plano de la placa de blanco del vidicón. En esencia, el enfoque óptico ajusta la distancia precisa entre la parte posterior de la montura de la lente y la placa frontal del vidicón. Este ajuste se conoce también por *retroenfoque* y corresponde a una referencia mecánica en la parte posterior del conjunto de la lente.

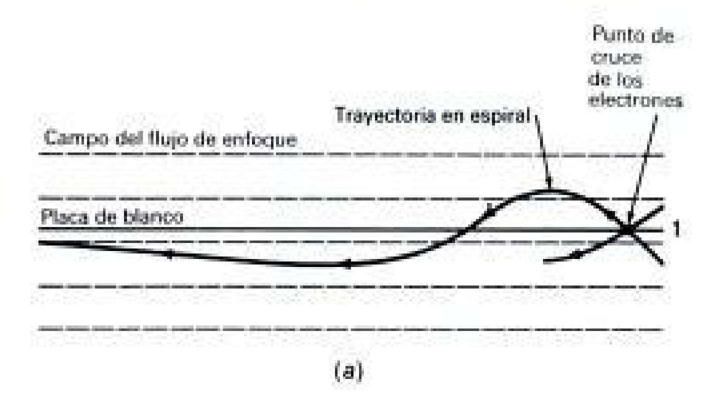
En la mayoría de los casos, el tubo de cámara con su yugo de deflexión y la carcasa de la bobina de enfoque se mueve hacia atrás y adelante a lo largo de su eje hasta que se consigue el enfoque óptico. Luego es inmovilizado firmemente el conjunto cuando está colocado en su sitio.

En algunas cámaras se utiliza una pestaña ajustable en la montura de la lente. Esta pestaña puede estar roscada interior o exteriormente para conseguir la distancia correcta.

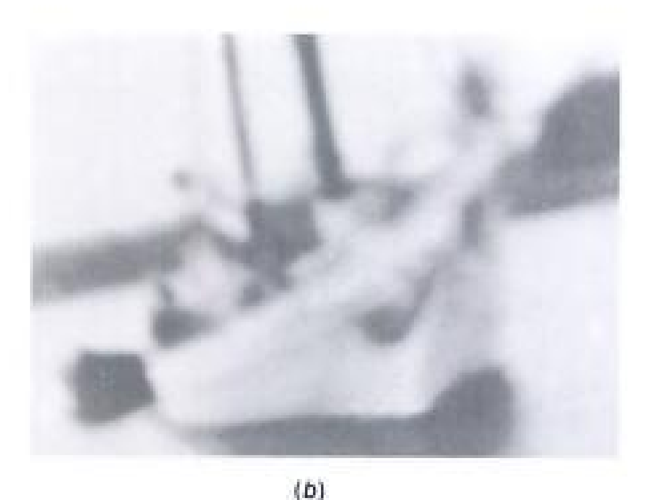
Para realizar el ajuste de enfoque óptico, el anillo de enfoque de la lente se ajusta al infinito y se apunta la cámara hacia un sujeto distante, 30 pies (9,1 m) o más. Luego se ajusta el conjunto del tubo de cámara o la arandela con pestaña hasta obtener una imagen bien definida.

El enfoque eléctrico implica el ajuste de un potenciómetro. Se apunta la cámara hacia una carta de ajuste y el enfoque se ajusta para una imagen lo más aguda posible. Se ajusta el enfoque para la mejor resolución de las cuñas verticales en la carta de ajuste.

En las cámaras que utilizan enfoque magnético, la imagen parece girar alrededor del centro cuando se ajusta el enfoque eléctrico. Esto es resultado de la acción del campo de enfoque (fig. 3-13). La bobina de enfoque es un solenoide devanado alrededor del eje largo del tubo de cámara. Los electrones que se mueven a lo largo del eje central del tubo no cruzan las líneas de flujo y no son afectados por ellas. Sin embargo, los electrones que se separan o divergen hacia la pared del tubo cruzan el flujo del campo magnético y son



(a)



(b)



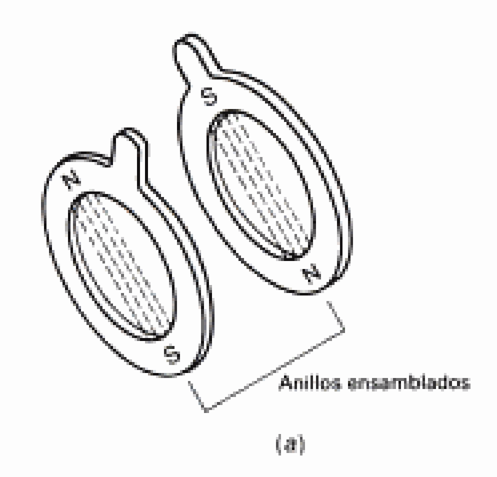
(c)

Fig. 3 - 13. Ajuste del enfoque magnético del tubo de cámara. (a) Acción del campo de enfoque magnético. (b) Mal enfoque. (c) Enfoque agudo.

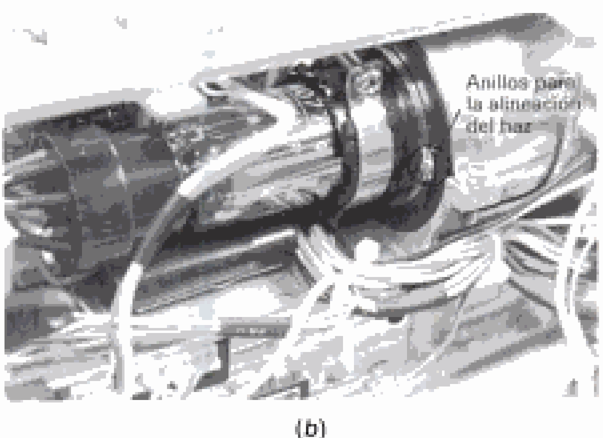
obligados a moverse en direcciones perpendiculares a las líneas de flujo. Cuanto mayor es el ángulo de cruce, mayor es la fuerza de corrección. El resultado es una trayectoria en espiral como la representada en la figura 3-13*a*. Todos los electrones del haz concurren en un punto que se ajusta para que esté en el plano de la placa de blanco.

Después del ajuste del enfoque magnético, en el cual la imagen gira alrededor de su centro, la imagen puede ser inclinada en el punto del mejor enfoque. En este caso, debe ser aflojada la montura del yugo de deflexión y girado el yugo hasta que la posición de la imagen sea correcta.

Alineación del haz. En el tubo de cámara hay montado, en la parte posterior del yugo de deflexión, un conjunto para alinear el haz electrónico con el centro del eje enfoque-deflexión.



(a)



(b)

Fig. 3 - 14. Imanes para la alineación del haz en el tubo de cámara. (a) *Imanes anulares.* (b) *Montaje en el tubo de cámara.*

Este conjunto se compone de dos juegos de bobinas cuyos ejes magnéticos son perpendiculares al eje del tubo y también perpendiculares entre sí. En algunas cámaras se utiliza un conjunto de imán permanente en lugar de bobinas. Consiste en un par de anillos imantados en que las líneas de flujo cruzan el eje del tubo perpendicularmente (fig. 3-14). Cuando las aletas de los anillos están alineadas, los campos de flujo de cada anillo son opuestos y se cancelan. Separando las aletas aumenta la intensidad del campo. Todo el conjunto puede ser girado hasta el punto en que el flujo de campo tenga la dirección requerida. En los tubos de imagen de TV se utiliza un dispositivo similar para el centrado de la imagen.

Para ajustar la alineación del haz se apunta la cámara hacia la carta de ajuste y se gira atrás y adelante el dispositivo de enfoque eléctrico. En las cámaras que utilizan un enfoque magnético, la imagen parece girar. Cuando la alineación del haz es correcta, el centro de rotación permanece en el centro de la imagen del monitor. Por consiguiente, se ajustan los imanes de alineación del haz hasta que el centro de rotación permanezca estacionario cuando se gira pendularmente el control de enfoque.

En los tubos de cámara se utiliza un sistema similar que emplea solamente enfoque electrostático. En este caso, la imagen no gira, pero el centro de la imagen se desplaza cuando se gira el control de enfoque. Las corrientes de alineación del haz, o los anillos, se ajustan hasta que el centro de la imagen permanezca en el centro de la pantalla del monitor cuando se mueve atrás y adelante el control de enfoque alrededor de su mejor posición.

Deflexión. El tamaño de la deflexión depende de la amplitud de las rampas de las corrientes horizontal y vertical en las bobinas de deflexión. La anchura y altura se ajustan para explorar la imagen óptica completa en la placa de blanco. En algunos casos, se adhiere a la placa frontal del tubo de cámara una máscara opaca y se ajusta la deflexión hasta que la máscara llegue a ser visible en los bordes de la imagen. Para este propósito se requiere un monitor especialmente modificado. La imagen se explora en la parte inferior con el fin de que se puedan ver los bordes de la trama.

Cuando no se emplea una máscara, es necesario formar una imagen óptica de las dimensiones correctas. La práctica usual es instalar un aparato de prueba tal como el representado en la figura 3-15. El tamaño de la carta de ajuste y la distancia a la cámara son críticos en esta instalación.

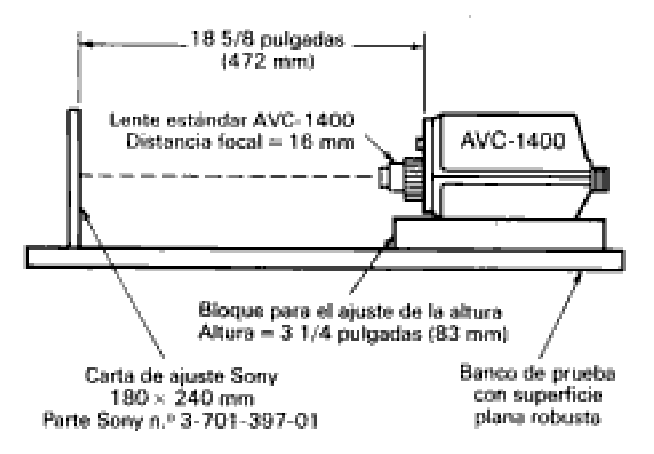


Fig. 3 - 15. Instalación de prueba de la cámara para corregir la altura y la anchura de la imagen.

Preguntas de prueba 3-6
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. La tensión normal de la placa de blanco es menor de 50 V.
b. El enfoque óptico y el enfoque eléctrico requieren esencialmente los mismos ajustes.
c. La alineación del haz es análoga al centrado del haz electrónico.

3-7 Separación óptica del color para rojo, verde y azul

La cámara de color consiste realmente en tres cámaras con una misma carcasa. Una cámara típica de estudio contiene tres tubos captadores, uno para cada color primario. Un separador óptico detrás de la lente principal (llamada *lente de captura*) descompone la luz que llega en sus valores de rojo, verde y azul. Preamplificadores y procesadores separados manipulan estas señales R (rojo), G (verde) y B (azul).

Son añadidos los porcentajes correctos de las señales, de modo que la señal resultante se asemeja estrechamente a la escala de grises producida por una cámara de blanco y negro. Esta señal resultante se denomina señal Y, o de *luminancia*. Es esencialmente la misma que la señal video producida por la cámara de blanco y negro.

Los porcentajes tomados de cada señal primaria se ajustan para adaptar la sensación de luminancia, o brillo de la visión humana. La ecuación es

$$Y = 30\ \%\ \text{rojo} + 59\ \%\ \text{verde} + 11\ \%\ \text{azul}$$

Recuérdese que la visión humana es máxima para las longitudes de onda del verde-amarillo. Se utiliza, por tanto, un porcentaje mayor para la señal verde primaria. La señal Y produce una escala de grises normal en un receptor de blanco y negro.

En la figura 3-16 está representado un separador óptico sencillo con filtros de color. La luz que llega desde la lente es dividida en tres partes por espejos plateados parcialmente. Los espejos dejan pasar parte de la luz y reflejan el resto. Delante de cada tubo de cámara hay un filtro óptico de color. Estos filtros son seleccionados de modo que dejen pasar una banda estrecha de longitudes de onda centradas en las señales de los colores primarios rojo, verde y azul. Los filtros bloquean la luz no deseada. El filtro de azul, por ejemplo, deja pasar la luz azul pero bloquea la roja y la verde. La dificultad con este sistema simple es la excesiva pérdida de luz. Solamente una tercera parte de la luz que pasa a través de la lente alcanza cada tubo de cámara.

Espejos dicroicos. Los espejos dicroicos solventan la dificultad de la pérdida de luz porque dejan pasar ciertas bandas de longitud de onda y reflejan otras. La disposición básica está representada en la figura 3-17. El primer espejo refleja la luz azul pero deja pasar el resto. La luz azul es totalmente reflejada desde el espejo plateado hasta una lente de relevo, que forma una imagen de las componentes azules de la imagen en la placa de imagen del tubo de cámara azul (B) en la parte inferior de la figura.

La luz que pasa a través del primer espejo dicroico incide luego en un segundo espejo. Aquí

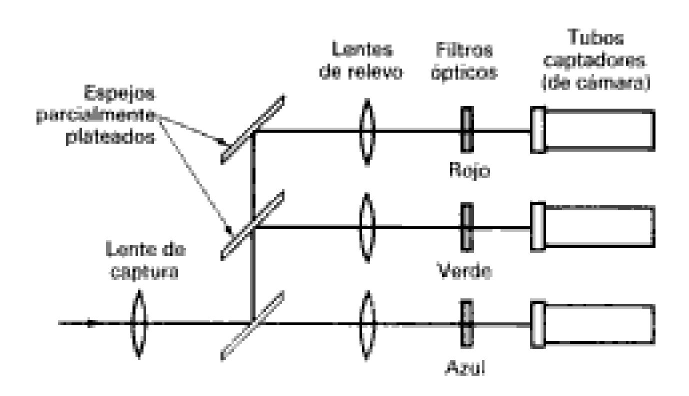


Fig. 3 - 16. Separador utilizando filtros ópticos de rojo, verde y azul para cámara de TV en color.

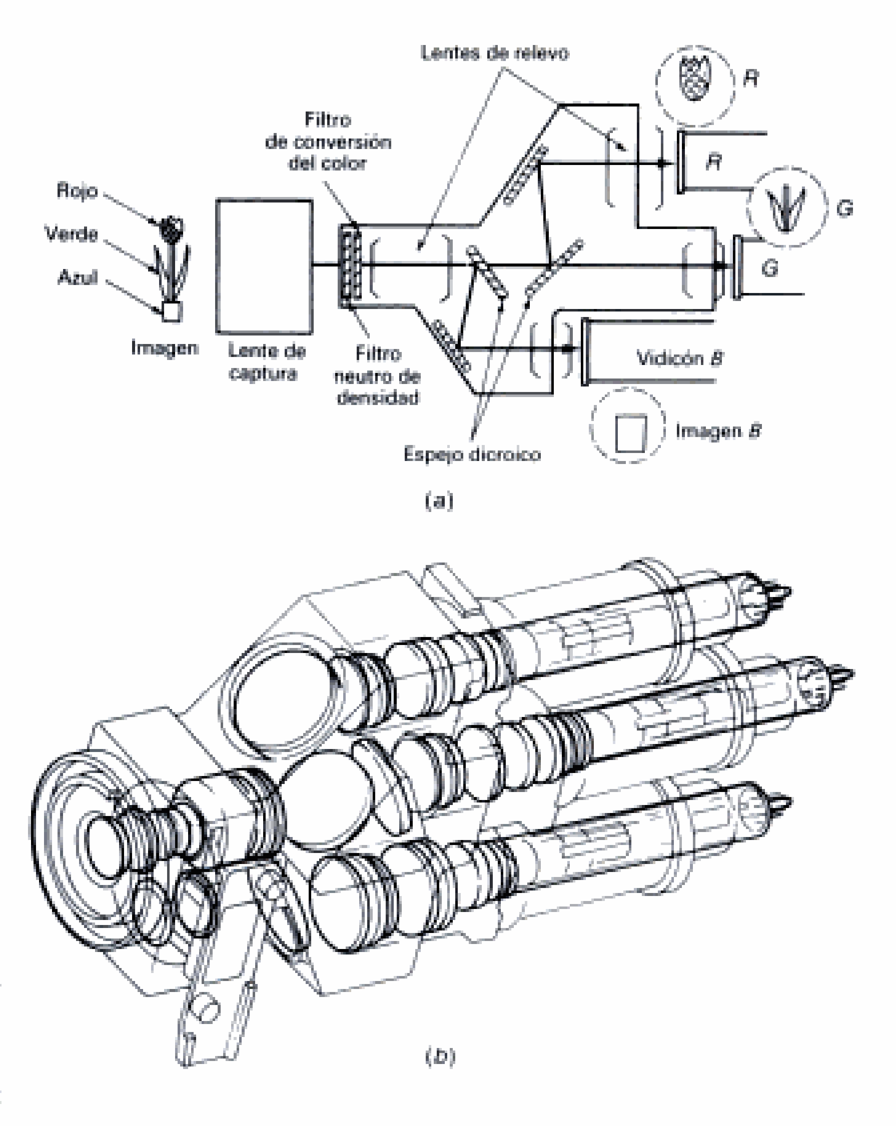


Fig. 3 - 17. Separador de color utilizando espejos dicroicos. (a) *Vista simplificada mostrando la separación de rojo, verde y azul.* (b) *Dibujo translúcido de la cámara real.* (U.S. JVC Corp.)

es reflejada la componente roja y el resto pasa a través del espejo. Lo que queda es blanco menos rojo y azul, que es esencialmente el verde. Se pierde muy poca componente de rojo-verde-azul. La luz que llega al tubo de cámara es una fracción muy grande de la luz roja total que sale de la lente de captura. En la lámina de color XIV está ilustrado un sistema de espejos dicroicos.

El elemento clave de la acción de los espejos dicroicos es una capa transparente extremadamente delgada y exactamente controlada sobre una superficie. El espesor de la capa está controlado en la fabricación para que la luz de ciertas longitudes de onda reflejada desde la superficie anterior y la reflejada en la superficie exterior sean aditivas, es decir, estén en fase, en una dirección dada. Variando el espesor de la capa se pueden alterar tanto la dirección como la longitud de onda.

Una variante del sistema de espejos dicroicos hace uso de prismas, como muestra la figura 3-18. Aquí las capas de control están depositadas sobre las superficies de los prismas. No hay elemento intermedio entre el vidrio y el aire dentro del sistema de prismas, con lo que se consigue aminorar las pérdidas por dispersión de la luz. Así los sistemas de prismas ofrecen mayor sensibilidad a la luz. En términos fotográficos se dice que los prismas son "más rápidos" y requieren menor abertura del diafragma (número *f*). Obsérvese que

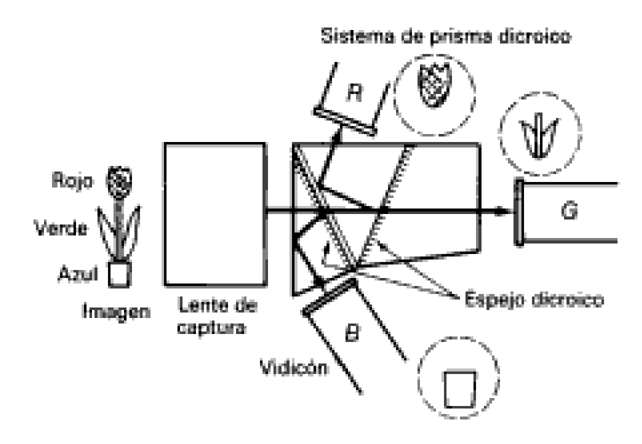


Fig. 3 - 18. Prisma divisor del haz para luces roja, verde y azul.

en el sistema de prismas los tubos de cámara no son paralelos, sino que están agrupados alrededor del prisma con inclinaciones que están determinadas por los ángulos en que emergen los colores primarios correspondientes. Esta disposición confiere a la cámara de color con prisma una forma característica que puede ser generalmente reconocida por el aspecto de la carcasa o envolvente.

Las cámaras dicroicas, aunque son algo menos eficientes en cuanto a la pérdida de luz, tienen la ventaja de que todos los tubos captadores son paralelos en el espacio. De aquí que cualquier influencia magnética, tal como el campo magnético de la Tierra, tienda a afectar a los haces electrónicos en los tubos de cámara o captadores de la misma manera.

Sombreado dinámico de color. Los espejos dicroicos funcionan como acabamos de describir cuando la luz sigue las trayectorias ópticas indicadas en la figura 3-17. Estos diagramas simplificados representan la luz en el centro de la imagen óptica. Sin embargo, la luz procedente de las partes superior e inferior de la imagen pasa a través de los espejos con inclinaciones ligeramente diferentes, por lo que se altera algo la acción del espejo. El resultado es un sombreado verde-magenta desde las partes superior e inferior de la imagen. Este efecto es cancelado en el procesador de señal por la alteración de la ganancia del canal de verde en la frecuencia de exploración vertical. Para controlar la ganancia se utiliza una tensión diente de sierra desarrollada en el circuito de deflexión vertical. Esta forma de corrección es lo que se llama *sombreado dinámico de color*.

Sombreado estático de color. El sombreado resulta también de la corriente oscura no uniforme en cada uno de los tubos de cámara. Esta forma de sombreado del fondo aparece como una variación de brillo en el nivel de negro de las cámaras de blanco y negro. Sin embargo, es mucho más perceptible en las cámaras de color debido a que las variaciones del color del fondo producen efectos de sombreado de color. El sombreado desde la derecha hasta la izquierda en el tubo captador aparece como una forma inclinada o parabólica en la forma de onda de corriente oscura cuando es observada en la frecuencia de línea horizontal. Análogamente, el sombreado desde la parte superior a la inferior se puede ver en la forma de onda de corriente oscura ajustando los controles del osciloscopio cuando se observa la forma de onda en la frecuencia de exploración vertical.

Para corregir el sombreado se añaden formas de onda diente de sierra y parabólica a la señal vídeo en el procesador de señal. Estas formas de onda son generadas por interacción de las formas de onda de exploración. Son también aplicadas a los inversores de fase para la provisión de ambas formas de onda diente de sierra y parabólica de cualquier polaridad (fig. 3-19). Los controles *R* variables se ajustan para aplanar la forma de onda de corriente oscura. Una cámara del tipo de estudio tiene formas de onda diente de sierra *H*, parabólica *H*, diente de sierra *V* y parabólica *V* para los cuatro controles de cada tubo captador. Por consiguiente, una cámara de tres tubos tiene un total de 12 ajustes de sombreado estático.

Equilibrio de blanco. La cámara está equilibrada para el blanco cuando aparece la imagen de una tarjeta blanca como blanco neutro y no de un matiz identificable. La visión humana corrige las diferencias de iluminación automáticamente. Por ejemplo, nuestra vista puede apreciar como blanca una camisa tanto bajo la luz de una lámpara incandescente como bajo la luz natural. Las cámaras cinematográficas y de TV no son automáticamente ajustables en este sentido. Se considera que una cámara de TV en color está equilibrada para un blanco particular de referencia cuando es iluminada una cartulina blanca neutra con la luz que se ha de utilizar en la toma de vistas del rodaje y los canales de rojo, verde y azul dan *iguales* niveles de salida. El blanco neutro no tiene color: la saturación de color es nula. Como se explica en el capítulo 8, "Circuitos y señales de televisión en color", la subportadora de color de 3,58 MHz desaparece cuando se explora el blanco

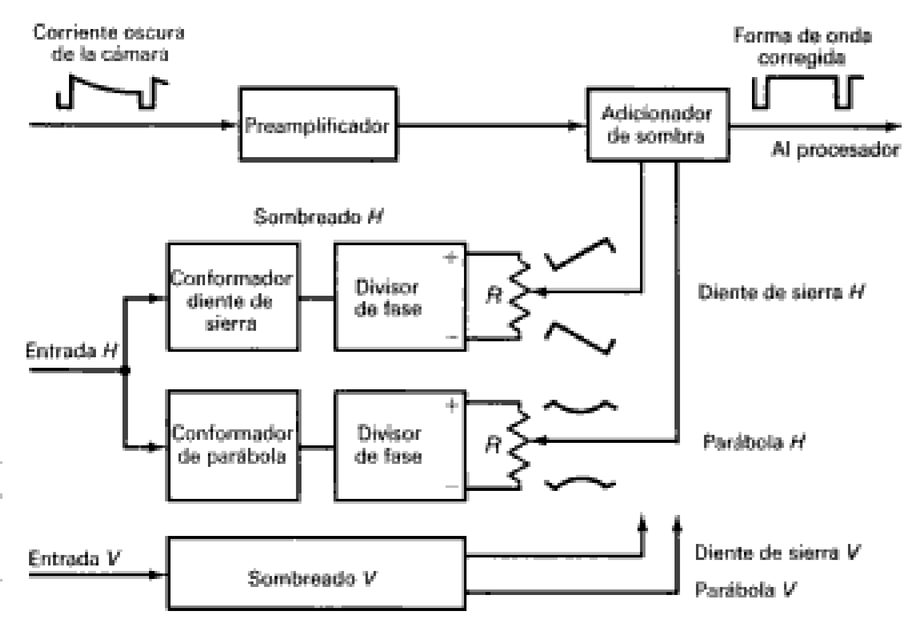


Fig. 3 - 19. Diagrama de bloques de los circuitos para la corrección estática de sombra de la forma de onda de corriente oscura. El bloque de sombra V *es lo mismo que el de los circuitos de sombra* H.

neutro, el gris o el negro. Por consiguiente, el operador de cámara nota la desaparición de la señal subportadora de color en la parte de la señal que representa la cartulina blanca.

Si se cambia la fuente o foco de luz, como ocurre cuando se pasa desde el estudio a un emplazamiento en el exterior, habrá que equilibrar nuevamente la cámara. Será necesario reajustar las ganancias de los tres canales para obtener la misma salida sobre la cartulina blanca con la nueva fuente de luz (en este caso el sol). La práctica usual consiste en mantener fija la ganancia del canal verde y alterar las ganancias de los canales rojo y azul para adaptar sus amplitudes a la amplitud del verde.

Actualmente muchas cámaras son automáticas ya que cuanto las amplitudes del rojo y del azul son adaptadas a la amplitud del verde por los circuitos de control automático de ganancia cuando se pulsa el botón AUTO BLANCO. El procedimiento consiste en apuntar la cámara a la cartulina blanca bajo la luz que se ha de utilizar para el rodaje, encuadrar la cartulina para que ocupe toda la imagen, y apretar dicho botón. Para conseguir un equilibrio de blanco se tarda una fracción de segundo. Algunas cámaras están equipadas con circuitos de memoria que almacenan los factores de ganancia de los canales rojo y azul de modo que la cámara permanecerá equilibrada para una fuente de luz en particular.

Registro. En cámaras multitubo, las imágenes vídeo de los tres canales se deben *registrar*, o *superponer*, en todo concepto. Esto significa que el tamaño y el centrado así como la linealidad de la deflexión deben ser idénticas para los tres canales. Por ejemplo, si la deflexión horizontal en el tubo captador de azul fuese más estrecha que en los otros dos, la imagen aparecería con contornos azules en los extremos de las líneas verticales cerca de los bordes laterales de la imagen.

Para registrar las tres imágenes deben ser ajustadas con precisión las dimensiones de la exploración, el centrado y la linealidad de exploración. Aquí también se toma el verde como referencia. Sus dimensiones de exploración, linealidad y centrado se ajustan de la misma manera que en las cámaras de blanco y negro. Luego se registran el azul y el rojo con el verde.

Para facilitar los ajustes de registro con los pequeños monitores de blanco y negro utilizados en el visor de la cámara, se emplea un sistema en el que se utiliza el verde invertido. La señal invertida es verde negativo. Se apunta la cámara hacia la figura de prueba de registro consistente en líneas de trama negras sobre fondo blanco y se ajusta el visor para observar el rojo y el verde invertido. El resultado es una imagen negativa de negro con una figura de trama cruzada blanca. Cuando se registran en todos los puntos de la pantalla las dos señales iguales pero opuestas, las

dos señales se cancelan y la imagen aparece casi borrada. Se repite el procedimiento con las señales azul y verde invertida.

Los conmutadores de la cabeza de cámara permiten enviar al visor las señales azul, verde invertida, y rojo-verde invertida. También está equipada la unidad de control de cámara con control remoto de centrado así como con conmutador de monitor para que se puedan hacer los ajustes de registro desde la consola de control.

Cámaras de cuatro tubos. Los errores de registro, por muy pequeños que sean, tienden a emborronar los bordes de los objetos en la imagen a causa de que las tres señales no ocurren en el mismo tiempo exactamente. El efecto total es una degradación de la agudeza o resolución, que puede no ser detectada visualmente como orlas de color. Por esta razón, se han creado cámaras que emplean cuatro tubos captadores. En este esquema la señal de blanco y negro, o señal *Y*, es producida por un tubo captador de blanco y negro que no recibe su luz desde el divisor dicroico del haz. Se utilizan tres tubos captadores separados para generar las señales *R*, *G* y *B*.

Preguntas de prueba 3-7
Respuestas al final del capitulo

Contestar verdadero o falso.

a. Los espejos dicroicos son más eficientes que los filtros ópticos para separar las luces roja, verde y azul.
b. Los efectos ópticos del sombreado dinámico se corrigen en el divisor del haz luminoso.
c. Se corrige el sombreado estático para corregir la corriente oscura no uniforme.
d. Para las cámaras de color no es necesario el equilibrio de blanco.

3-8 Corrección de gamma

Un problema importante que presenta el sistema de TV es una relación llamada *gamma*, no lineal, entre los valores de luz y de la tensión de señal en la entrada (tubo de cámara) y en la salida (tubo de imagen) del sistema. El principal causante es el tubo de imagen del televisor. A causa de la característica funcional del cañón electrónico del tubo de imagen, la corriente del haz y la salida resultante de luz no varían uniformemente con la tensión de excitación. Siguen una ley casi cuadrática: la salida de luz varía de modo directamente proporcional al cuadrado de la tensión de excitación vídeo. El efecto total es comprimir las partes negras y extender las blancas.

Este problema no es grave en las cámaras de blanco y negro, pero es extremadamente serio en las cámaras de color a causa de que los errores de gamma producen serios errores en el matiz. Por ejemplo, se puede producir un color particular con una parte de rojo, dos partes de azul y tres partes de verde. Si el sistema eleva al cuadrado estos valores, la salida de luz resultante tiene una parte de rojo, cuatro partes de azul y nueve partes de verde, lo cual produce un color muy diferente.

La corrección de gamma es uno de los cambios de señal que hace el procesador de señal. En las cámaras de color es aplicada a los tres canales. Los circuitos utilizan diodos semiconductores para comprimir los blancos justamente lo suficiente para cancelar la extensión que ocurre en el tubo de imagen.

El efecto de la corrección de gamma está ilustrado en la figura 3-20. La gamma del tubo de imagen es 2,2. Por tanto, la gamma necesaria para la corrección tiene el valor inverso 1/2,2, o sea, 0,4545. Los valores de gamma (γ) son los exponentes del número (e), base de los logaritmos naturales o neperianos, o sea, el exponente de la expresión e^{γ}.

Para ajustar la gamma se utiliza una carta especial. Un fabricante proporciona una carta cuyos valores de reflectancia varían exponencialmente, lo mismo que el efecto del tubo de imagen. Esto hace que sea fácil el ajuste debido a que el circuito de corrección de gamma se ajusta de modo que la figura escalonada que se ve en el osciloscopio presente un aumento lineal (en línea recta) cuando el ajuste es correcto (fig. 3-20*d*). En las cámaras de color, primero se ajusta la gamma en el canal de verde haciendo uso de la carta para la escala de grises neutros. Luego se ajusta para el azul y el rojo para adaptar el verde en cada uno.

Preguntas de prueba 3-8
Respuestas al final de capitulo

a. ¿La gamma necesaria para el tubo de cámara es 2,2 o 0,4545?
b. ¿Para qué sistema es más importante la corrección de gamma, para el de monocromía o para el de color?
c. ¿Es comprimido o extendido el blanco por el tubo de imagen?

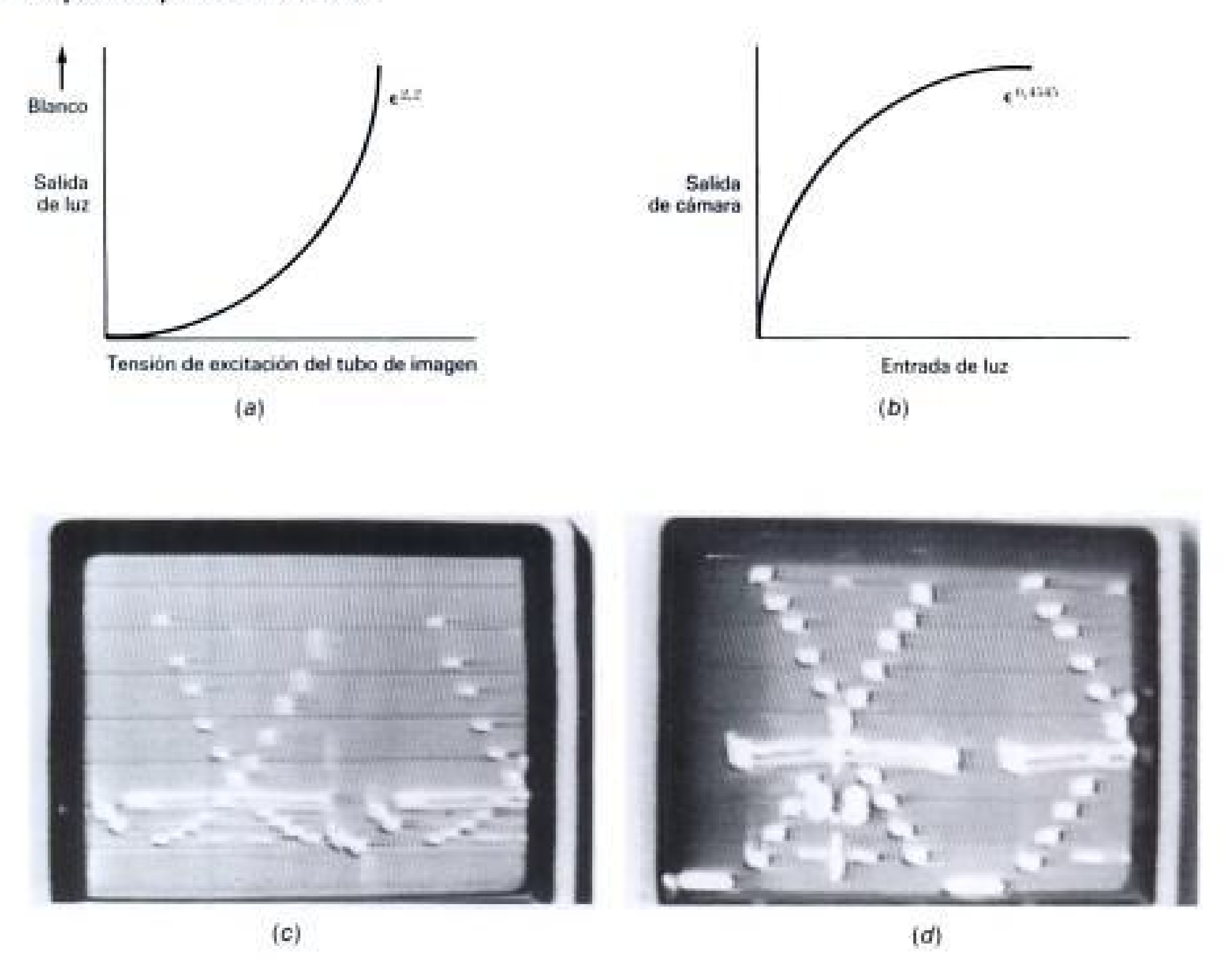


Fig. 3 - 20. Corrección de gamma. (a) *Curva característica de luz de tubo de imagen con gamma = 2,2.* (b) *Corrección en tubo de cámara con gamma=1/2,2=0,4545.* (c) *Preamplificador de salida (sin corrección de gamma).* (d) *Salida de procesador (gamma corregida).*

3-9 Cámaras de color de un solo tubo

Estas cámaras también descomponen el rayo luminoso en las componentes de colores primarios, pero lo hacen sucesivamente o secuencialmente en el tiempo. Hacen uso, en cierto modo, del tiempo que tarda el haz en atravesar cada minúscula área de la placa de imagen.

Separación con tiras de color verticales. Este sistema es un método antiguo, pero aquí está representado en la figura 3-21 para ilustrar los requerimientos. La cámara utilizaba realmente dos vidicones, uno para la señal *Y* y otro para las señales de color *R*, *G* y *B*. La disposición de la figura 3-21*a* muestra el rayo luminoso de la lente de captura bifurcado en las dos trayectorias para los vidicones. En la parte inferior, el vidicón con tiras de color es un solo tubo *disector de color*. Las tiras están representadas en la figura 3-21 *b*.

El tubo utilizado para la separación de color está equipado con una máscara formada por grupos de filtros de franjas o tiras verticales de color. Cada grupo se compone de una tira negra (opaca) seguida por una azul, roja y verde (fig. 3-21*b*). De izquierda a derecha aparecen en el área de la placa de imagen un total de aproximadamente 87 de tales grupos. El tiempo que dura la exploración horizontal visible es aproximadamente 53,5 µs. Por tanto, el haz electrónico explora cada grupo de tiras en 53,5 µs/87 = 0,615 µs. La divi-

sión de esta figura en cuatro tiras da 0,154 μs, o 154 ns, como tiempo necesario para que el haz se desplace entre los centros de cada tira.

La separación de los colores se efectúa por conmutadores sincronizados. El impulso de índice negativo generado por la tira opaca dispara los conmutadores en el instante correcto. Por ejemplo, la entrada del canal azul es una puerta de muestreo y retención que es activada 154 ns después del impulso de índice. El retardo se obtiene por líneas de retardo de precisión. Un condensador en la salida de la puerta de muestreo y reten-

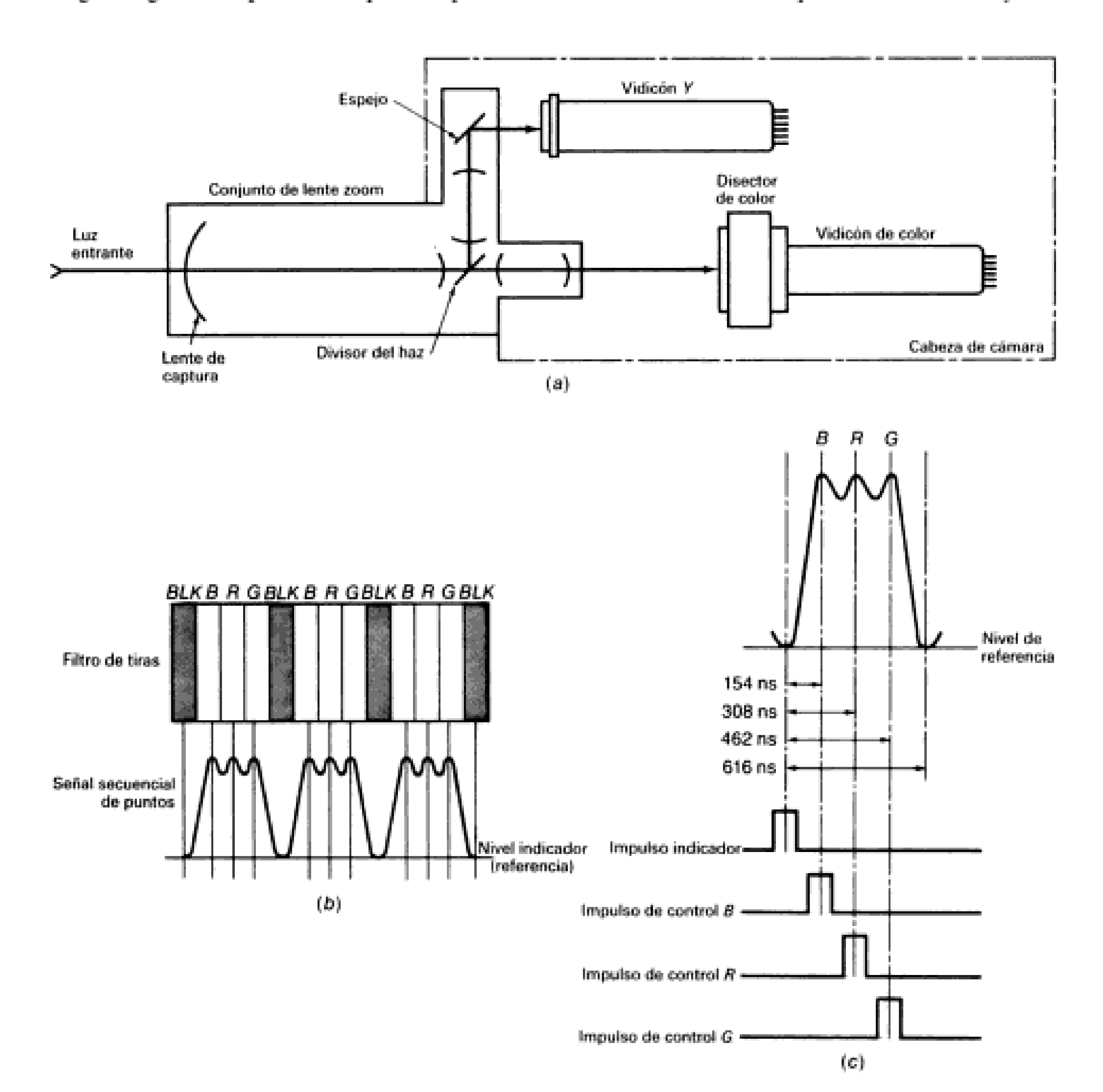


Fig. 3 - 21. Sistema antiguo de filtro con tiras de color para cámara de color de un solo tubo. (a) *Disposición con vidicón para señal* Y *y disector de color para vidicón de color.* (b) *Filtro de tiras del disector de color en la parte anterior del vidicón.* (c) *Impulsos de control.* (Sony Corporation of America.)

ción almacena esta información "azul" para la puerta siguiente. Los canales rojo y verde son conmutados de la misma manera a intervalos de 308 y 462 ns, respectivamente, desde el impulso de índice. Las señales de rojo, verde y azul generadas de esta manera son procesadas exactamente como en las cámaras de tres tubos.

El principio de la separación de color es bastante sencillo, pero hay consideraciones prácticas. La primera es que el enfoque del haz es extremadamente crítico en todos los disectores de color monotubo. La mancha luminosa debe ser suficientemente pequeña para resolver la salida de luz de las tiras individuales. Un mal enfoque da lugar a una pérdida de color. Además, la anchura de la exploración es extremadamente crítica a causa de que determina el tiempo necesario para que el haz electrónico se desplace a través de cada tira. Una cámara que utilice este sistema necesita circuitos de control automático elaborados para mantener un ancho de exploración preciso. También es crítica la linealidad de la deflexión horizontal, debido a que una velocidad no uniforme de exploración da lugar a sombreado de color de derecha a izquierda en la imagen.

Tiras de color oblicuas. Este sistema se utiliza en una cámara de color JVC (Japan Victor Company), como la ilustrada en la figura 3-22. El filtro de tiras de color está representado en la figura 3-22 *a*, los circuitos asociados en la figura 3-22 *b* y la salida de la señal de rojo, verde y azul en la figura 3-22 *c*.

Las tiras oblicuas, o diagonales, del disector de color están entrelazadas. Las tiras de ciano y blanco están inclinadas de izquierda a derecha en la figura 3-22 *a*. Las tiras de amarillo y blanco tienen pendientes opuestas, hacia arriba de izquierda a derecha. El amarillo es una mezcla de color que contiene rojo y verde. La mezcla del color ciano incluye azul y verde. Por tanto, el verde está en ambas mezclas de color.

Con la entrada de luz, las tiras blancas dejan pasar el rojo, el verde y el azul. El amarillo sólo pasa a través del rojo y el verde. El ciano sólo pasa a través del azul y el verde. Donde se cruzan las tiras de color sólo queda el verde después de atravesar la placa de imagen del tubo de cámara.

Consideremos una línea de exploración en la posición designada N en la figura 3-22 *a*. Cuando el haz explora esta línea, sólo pasa el blanco y el verde, allí donde el ciano y el amarillo se solapan. El blanco tiene señales de rojo, verde y azul para las formas de onda de la figura 3-22 *c*.

En la siguiente línea de exploración, designada $N + 1$, el haz traspasa el amarillo y ciano pero no el blanco. El amarillo tiene señales de rojo y verde en las formas de onda de la figura 3-22 *c* y el ciano tiene señales de azul y verde. En las formas de onda hay aproximadamente 90° de diferencia de fase entre los cambios desde la línea N hasta la $N + 1$.

La decodificación de la señal se efectúa por almacenamiento de una línea completa de exploración de la información en un dispositivo de retardo de tiempo que introduce un retardo de 63,5 µs. Este tiempo H es el período de una exploración horizontal completa, incluyendo la retraza. La salida de la señal de la línea de retardo puede ser comparada con la señal de la línea de exploración que sigue.

Mediante el retardo de 90° de la línea de fase $N + 1$ y su sustracción de la línea retardada $1H$ se produce la señal de rojo. Para las formas de onda de la figura 3-22 *c*, compárese la línea $N + 1$ en la segunda fila con la línea N retardada 90° en la tercera fila. En la primera secuencia a la izquierda, el verde está restado de $R + G$, quedando sólo la señal $+ R$. Para la siguiente secuencia a la derecha, RBG se sustrae de B y de G, quedando sólo la señal $-R$. El resultado de la sustracción está representado por la forma de onda de la quinta fila.

Para todas las líneas se sigue la misma secuencia. En consecuencia, la cámara produce las señales $+B$ y $+R$ partiendo de las tiras de color. La señal G resulta de las intersecciones de color individuales. La señal monocromática para la señal vídeo Y se obtiene por filtrado de las variaciones de señal causadas por las tiras de color.

Esta cámara necesita también un enfoque eléctrico preciso. Los efectos de un mal enfoque pueden ser desde un fondo verde hasta la ausencia de color. El control preciso del ancho de exploración es también esencial. Otra complicación adicional es el control exacto de la deflexión vertical para la altura de exploración. Las líneas de exploración deben estar espaciadas como muestra la figura 3-22 *a* con respecto al cruce de las tiras.

Preguntas de prueba 3-9
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Para la señal vídeo Y se utiliza el disector de color de la figura 3-21.
b. Las tiras de color oblicuas en el tubo de cáma-

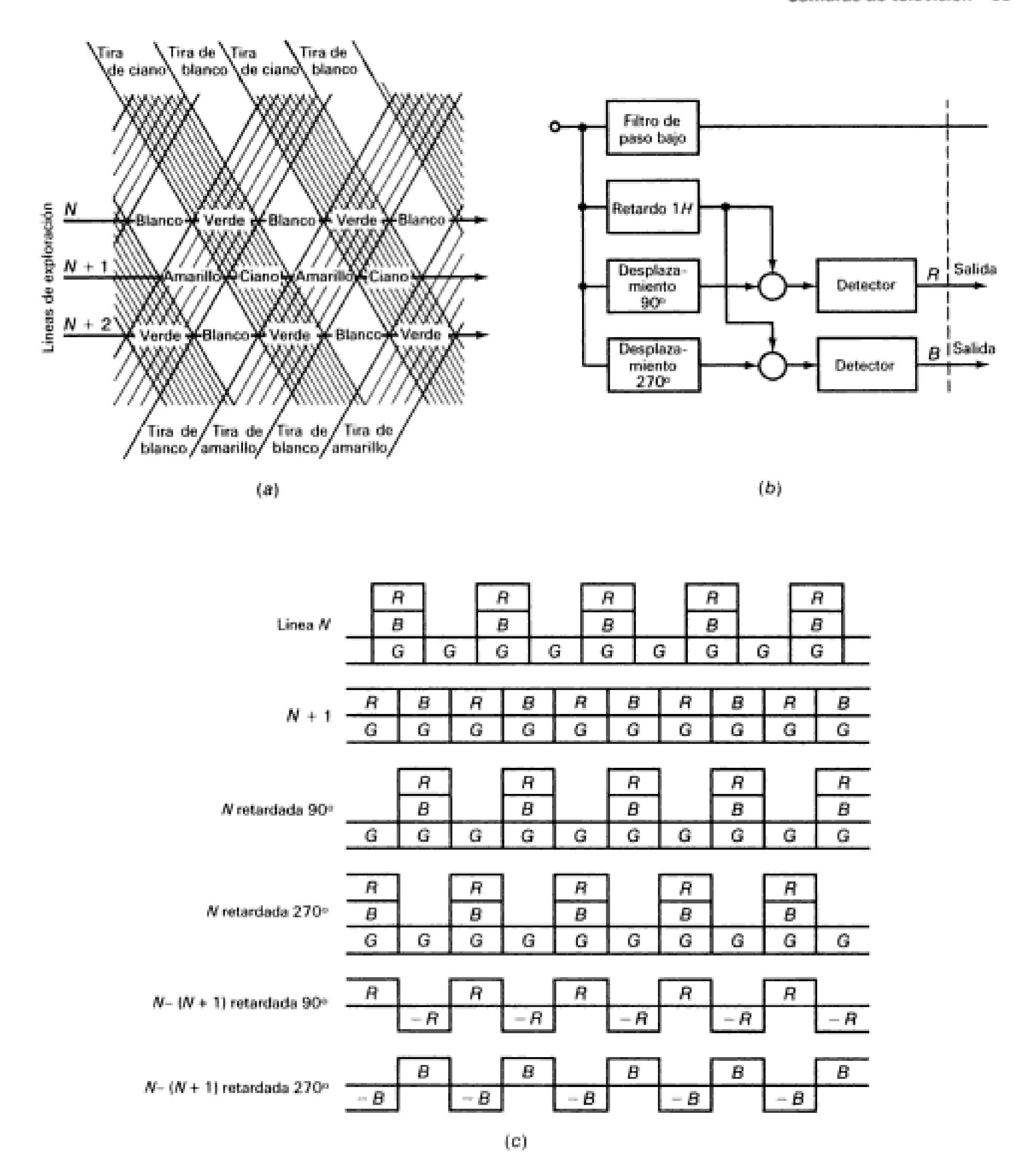


Fig. 3 - 22. Sistema con tiras oblicuas para cámara de color de un solo tubo. (a) *Tiras cruzadas de colores ciano, amarillo y blanco.* (b) *Diagrama de bloques de los circuitos auxiliares.* (c) *Formas de onda de la salida de señal de un preamplificador de cámara.* (U.S. JVC Corp.)

ra de la figura 3-22 son de rojo, verde, azul y blanco.

c. El ancho de la exploración horizontal y la linealidad afectan a la señal vídeo de color en una cámara monotubo.

3-10 Aplicaciones en el estudio y en el exterior

Las operaciones en el estudio han evolucionado paulatinamente desde los tiempos en que la TV era siempre en directo o "en vivo" hasta ahora en que casi todos los programas están grabados en videocinta. La videocinta permite una edición cuidadosa del material del programa antes de su emisión real. Incluso los programas de noticias son grabados y editados antes de su emisión.

El constante mejoramiento y el menor coste de la videocinta han propiciado un retorno gradual a operaciones que se parecen cada vez más a las de la producción cinematográfica, es decir, una sola cámara sirve para un solo grabador de cinta. Realmente el conjunto del programa se prepara de esta manera por editores de videocinta, con lo que se pueden hacer cortes electrónicos e intercalaciones en él. La edición mecánica, por el sistema de cortes y empalmes utilizado para cinematografía, no se utiliza en la producción de TV. En vez de esto, el material que debe ser suprimido se borra de la videocinta. En el capítulo 1 se dan más detalles.

Sin embargo, en muchas operaciones del estudio se utilizan todavía varias cámaras para las producciones de TV. En programas en directo se efectúa la conmutación entre las cámaras.

Cámaras sincronizadas. En un sistema de cámaras múltiples las exploraciones *H* y *V* de todas las cámaras deben estar sincronizadas con precisión. Hay dos maneras de conseguir esto. En el sistema antiguo un generador maestro de sincronismo suministra la excitación *H* y la *V* para todas las cámaras del sistema. Las salidas de vídeo de todas las cámaras son enviadas conjuntamente a un *conmutador-desvanecedor* o, lo que es más usual en las modernas operaciones, a un *generador de efectos especiales (SEG)* que es también un conmutador de producción. El conmutador permite enviar las salidas de las cámaras individuales a la *línea del programa*, que es la salida final del sistema encaminada a un grabador de cinta vídeo o al sistema de transmisión.

La conmutación no se hace por un simple conmutador mecánico, a causa de que en el instante que se efectúa la conmutación aparece en la pantalla un impulso espurio o *glitch*. En vez de esto, un conmutador electrónico se mantiene en desconexión hasta que llega el siguiente período de borrado vertical. Con *conmutación en el intervalo vertical* el cambio se efectúa cuando todos los monitores o receptores alimentados con la señal están borrados. El desvanecedor permite el desvanecimiento simultáneo de la señal vídeo alimentada desde una cámara mientras que la señal vídeo de la cámara pertinente aumente de nivel desde el negro hasta nivel normal.

Generador de efectos especiales. EL SEG realiza las funciones de conmutador-desvanecedor y, además, proporciona el control electrónico de los efectos especiales. Ejemplos de la función del SEG son los barridos transversales de lado a lado y verticales de arriba abajo en que las señales vídeo de salida de dos cámaras intervienen en diferentes partes del área de imagen. La inserción en las esquinas se consigue utilizando barridos *H* y *V* simultáneamente. Para conseguir una inserción en el centro de formas circulares o rómbicas, así como otras varias, se emplean varias técnicas de modulación. La figura 3-23 ilustra una unidad SEG.

Enganche del generador. El reciente desarrollo de los circuitos integrados en gran escala destinados especialmente a las aplicaciones del generador de sincronismo ha hecho posible incorporar el generador maestro de sincronismo en la cámara. En muchos casos está en la cabeza de cámara. Entonces la cámara puede realizar todas sus fun-

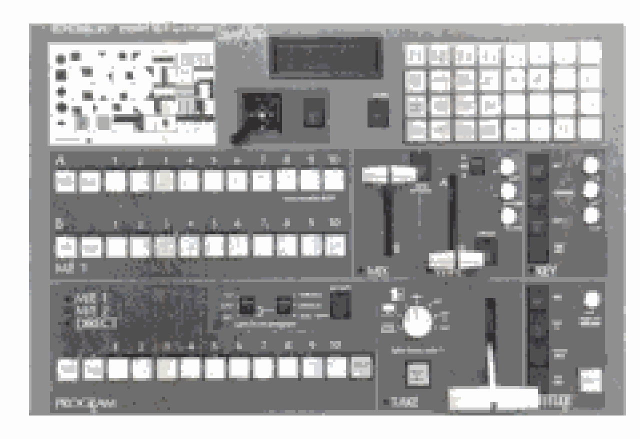


Fig. 3 - 23. Unidad SEG para efectos especiales y conmutador de producción. (Echolab Inc.)

ciones con su propio sincronismo interno, o puede ser conmutada para que su generador interno de sincronismo siga la temporización de los sincronismos *H* y *V* así como los de la fase de la señal subportadora de color y de cualesquiera otras fuentes de señales vídeo. Este método se llama ordinariamente de *intersincronizador.*

Todo lo que se necesita para el enganche del generador de sincronismo de una cámara así equipada es una señal vídeo compuesta alimentada desde otra fuente o una señal compuesta únicamente por los impulsos de sincronismo de color o burst, de borrado y de sincronismo. La última señal se llama impulsos de sincronismo de negro.

La figura 3-24 representa una instalación de cámaras en que una de ellas se utiliza como principal o maestra. De la cámara superior se obtiene una señal compuesta llamada *CVBS* (vídeo compuesta, burst y sincronismo) que es alimentada a través de los conectores de la entrada 1 de la cámara SEG a las unidades de control de cámara para las cámaras restantes. Las cámaras inferiores se ajustan para el enganche a los generadores de sincronismo. La cámara superior se ajusta al sincronismo interno.

Visores. Las cámaras de televisión utilizan un monitor de TV de pequeña pantalla para blanco y negro montado en un conjunto colocado sobre la cabeza de cámara. El visor es intencionadamente explorado en la parte inferior para que la imagen no llene por completo la máscara. Entonces cuatro ángulos de la imagen pueden ser observados por el operador de cámara. El visor está activado directamente por la salida vídeo de la cámara, lo cual permite que el operador vea lo que la cámara capta para poder efectuar correctamente el encuadre del sujeto y el ajuste del enfoque óptico.

Cámaras cinematográficas en cadena. Las películas cinematográficas y las diapositivas de color son convertidas en una señal de TV por cámaras de color especialmente adaptadas o por cámaras de color convencionales con lentes de distancia focal fijas montadas en un conjunto denominado *isla de cadena de película*. Este equipo tiene

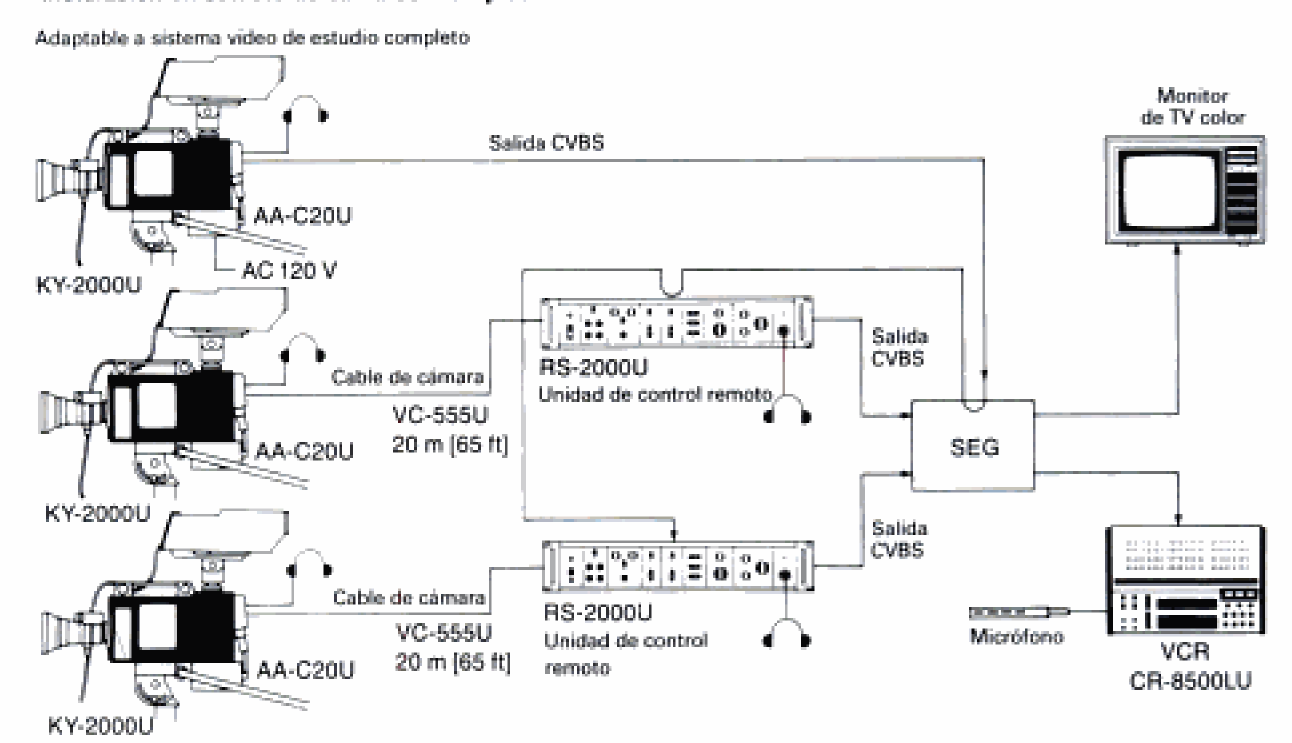


Fig. 3 - 24. Instalación de cámaras múltiples utilizando el sistema de intersincronizador. CVBS significa vídeo compuesto con burst y sincronismo. (U.S. JVC Corp.)

un divisor del haz óptico con dos o tres puertas (ports) ópticas de entrada que reciben las señales luminosas suministradas por un proyector de diapositivas y uno o dos proyectores de película. La isla es esencialmente una base de montura para todas las unidades. Un divisor de haz acromático utiliza espejos parcialmente plateados y una lente de relevo para suministrar la luz a la cámara. *Acromático* significa que el divisor del haz no favorece a ninguno de los colores con respecto a los otros.

Adaptación de los 24 cuadros de película cinematográfica a los 60 campos de TV. Cuando son televisadas películas comerciales cinematográficas es necesario un proyector especial para la conversión de 24 a 30 cuadros por segundo. La película se desplaza a 24 cuadros por segundo para mantener la pista normal de sonido, pero un obturador intermitente proyecta 60 imágenes por segundo.

Por cada dos cuadros de televisión (2/60 s) se proyecta un cuadro de película, pero el cuadro siguiente es explorado con tres campos (3/60 s). Las aberturas están espaciadas desigualmente en el obturador giratorio. Después de cuatro cuadros de película, los dos campos extra forman cinco cuadros de televisión.

El tiempo correspondiente a los cuatro cuadros de película es 4/24 = 1/6 s. Análogamente, el tiempo correspondiente a los cinco cuadros de televisión es 5/30 s, o 1/6 s. En consecuencia, la exploración de 30 cuadros de televisión en un segundo se adapta a los 24 cuadros de película.

Cámaras transportables. Las cámaras destinadas a operaciones en el exterior, llamadas *ENG* (equipo electrónico de reportaje), o bien *EFP* (producción electrónica en el exterior), tienen los mismos aspectos fundamentalmente que la cámara del estudio, pero su característica principal es la portabilidad. La figura 3-25 ilustra un equipo típico.



Fig. 3 - 25. Equipo de cámara portátil de TV para aplicaciones de reportajes (ENG). (U.S. JVC Corp.)

Preguntas de prueba 3-10
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. La SEG se puede utilizar también como conmutador de producción.
b. CVBS significa "señal vídeo compuesta sin sincronismo de color o burst".
c. La película cinematográfica se desplaza 30 cuadros por segundo para televisión.
d. Se utiliza el enganche del generador para sincronizar cámaras múltiples.

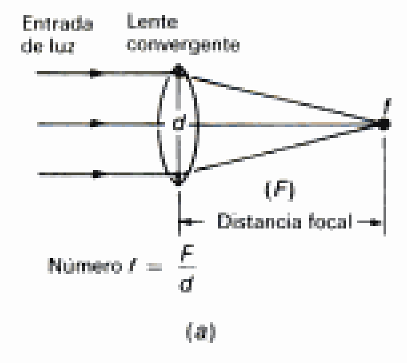
3-11 Lentes y valores de luz

Las características fundamentales de las lentes u objetivos que son seleccionadas para todas las cámaras son su distancia focal y su graduación de "número *f*". *Distancia focal* es la que existe entre el centro de la lente y el punto en que los rayos paralelos que emergen de un objeto distante concurren en un punto focal, o foco (fig. 3-26 *a*). El *número f* es la razón de la distancia focal al diámetro de la lente.

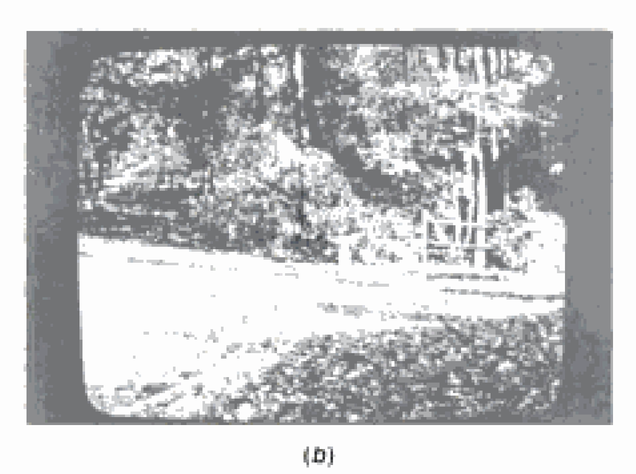
La distancia focal determina el "ángulo de toma o captura" del objetivo. Las lentes de corta distancia focal se utilizan para tomas de vista de ángulo abierto. Las lentes de larga distancia focal se llaman lentes de *telefoto*. Sus ángulos de captura son agudos y pueden hacer que los objetos distantes aparezcan cercanos. Estos efectos están representados en las figuras 3-26 *b* y *c*.

Las monturas de las lentes de cámara suelen ser del tipo roscado normalizado utilizado para las cámaras cinematográficas de 16 mm, llamado *montura C*.

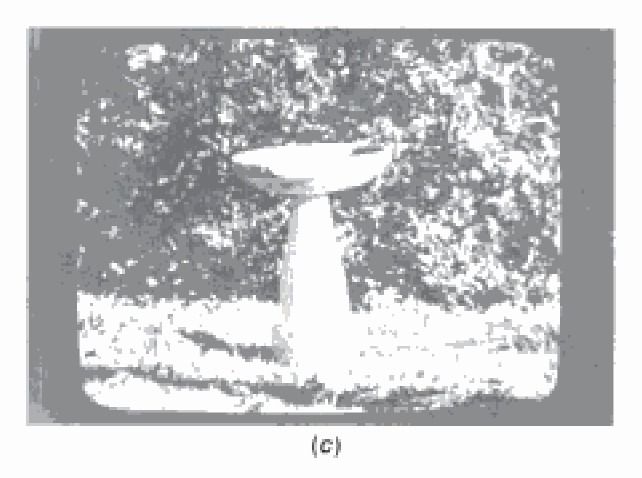
Valores de *f*. La aptitud para la captura de luz de una cámara está determinada por el diámetro de la lente u objetivo. Cuanto mayor sea este diámetro, mayor es la cantidad de luz que ilumina la placa de imagen. Las lentes están graduadas con el máximo diámetro para la mayor apertura del diafragma. La apertura del diafragma permite graduar la luz que entra en la lente. Específicamente, el valor de *f* es



(a)



(b)



(c)

Fig. 3 - 26. (a) *Distancia focal y gradación abertura relativa o luminosidad (número* f) *de una lente óptica.* (b) *Fotografía con lente de 17 mm.* (c) *Fotografía con lente de 102 mm.*

$$f = \frac{F}{d} \tag{3-1}$$

donde F es la distancia focal y d es el diámetro de la lente con el diafragma completamente abierto.

Una distancia focal más larga significa un mayor valor de f. Sin embargo, un diámetro más grande corresponde a un valor de f menor.

Cuanto menor es el valor de f, más luz puede entrar en la lente. Cuando la luz es escasa en la escena se necesita un número de f bajo. A pleno sol o con altas luces se pueden utilizar números de f altos.

Una lente con un diámetro de 13 mm y una distancia focal de 25 mm, por ejemplo, tiene una graduación de

$$f = \frac{F}{d} = \frac{25 \text{ mm}}{13 \text{ mm}} = 1{,}9$$

Este objetivo tendrá grabado 1,9 en el aro del diafragma alineado o enfrente de la marca indicadora cuando el diafragma está completamente abierto.

La entrada de luz se controla cerrando el diafragma. El anillo del diafragma está calibrado en valores de f, tales como 1,9, 2,8, 4, 5,6, 8, 11, 16, 22. Cada una de estas marcas de calibración se llama número f.

Los números f aumentan en pasos de $\sqrt{2}$, o sea, aproximadamente 1,414, por lo que cada f más alto permite que entre la mitad de luz del f anterior. Recuérdese que el ángulo de un círculo es directamente proporcional al cuadrado de su diámetro. Haciendo que la apertura sea más pequeña al reducir el diámetro del diafragma a $1/\sqrt{2}$ de su valor anterior se reduce la luz a la mitad. Por ejemplo, un f de 2,8 multiplicado por 1,4 es igual a 3,92, o sea 4, para el siguiente f más alto. Un f de 4 provee la mitad de la luz del f 2,8.

En la práctica, el objetivo de la cámara TV se gradúa hasta que el objeto más brillante de la escena produzca la salida vídeo normalizada de 1 V p-p. En algunas cámaras, el diafragma está servocontrolado para mantener esta relación.

Profundidad de campo. Un factor importante que es afectado por la apertura de la lente es la profundidad de campo. Seguramente el lector habrá observado que el fondo queda desenfocado en una escena de TV cuando la cámara está enfocada a un actor que esté próximo a la cámara. La *profundidad de campo* es la distancia entre el objeto enfocado más próximo a la cámara y el objeto más distante de la cámara que se mantiene enfocado. Realmente sólo hay una distancia focal, pero la profundidad de campo es la distancia que puede discernir el observador.

Con grandes aperturas de lente, la profundidad de campo es precaria. Este hecho explica que los objetivos tengan graduaciones de *f* que alcanzan los números más altos para obtener la profundidad de campo deseada cuando se dispone de suficiente luz.

Los fotógrafos pueden trabajar con otra variable. Pueden aumentar el tiempo de exposición variando la velocidad de exposición para la profundidad del campo, siempre que el sujeto se mueva poco o nada. Pero el tiempo de exposición es fijo para la velocidad de cuadro de películas cinematográficas y televisión. Por tanto, la única variable que se puede manipular es la iluminación del sujeto. Si la profundidad de campo aumenta, el objetivo debe ser convenientemente graduado en descenso y la iluminación del sujeto aumentará para compensar la menor apertura.

Objetivos zoom. Los objetivos zoom tienen una distancia focal continuamente variable. El uso de los objetivos zoom es casi universal en las producciones de color, y han reemplazado a la torreta óptica de los objetivos de distancia focal fija en las cámaras antiguas monocromáticas. La figura 3-27 *a* muestra un objetivo zoom de potencia de una cámara portátil que tiene un ajuste zoom motorizado. El ángulo de toma se puede variar para un disparo de telefoto o para un ángulo de vista amplio apretando el interruptor del tipo basculante. El interruptor está debajo de los dedos del operador cuando se inserta la mano en el mango. La unidad está desmontada en la figura 3-27 *b* para mostrar los motores que mueven el mecanismo zoom y el diafragma automático.

Los objetivos zoom están graduados de acuerdo con la relación entre las longitudes focales máxima y mínima. Por ejemplo, la distancia focal de la lente utilizada para la toma de vista de las figuras 3-26 *b* y *c* varía entre 17 y 102 mm. El margen zoom, es pues, 102:17 = 6:1. Los objetivos zoom fabricados para las cámaras utilizadas en operaciones VCR están graduados en 3:1 o 6:1. Las destinadas a aplicaciones de TV comercial varían desde 10:1 hasta 15:1. Los objetivos zoom más grandes, tales como los utilizados para acontecimientos deportivos, son extremadamente costosos a causa de que son objetivos "rápidos" con baja graduación del número *f*.

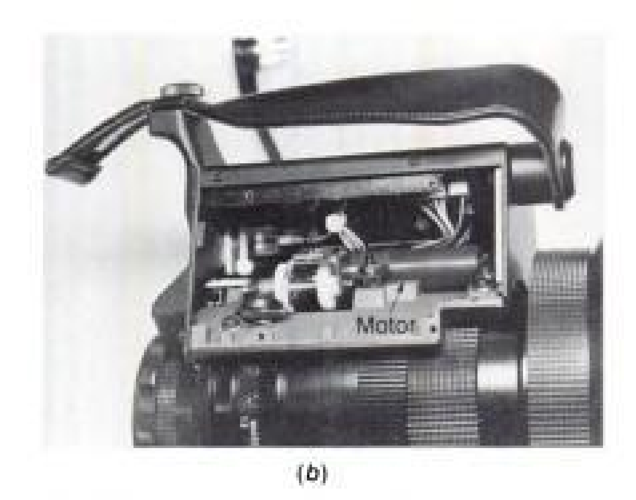
Valores de luz. La cantidad de luz reflejada a la cámara desde un sujeto es un factor importante para la consecución de bajo ruido en imágenes exentas de "nieve" y el mejor uso de la profundidad de campo. Aunque la cámara trabaja con *luz reflejada*, en las operaciones de TV ha llegado a ser tradicional el uso de *luz incidente*, en que la iluminación cae sobre el sujeto. Hay instrumentos que miden la iluminación.

La medición de los valores de luz comienza en la fuente. La referencia estándar de la intensidad de luz, aunque está algo obsoleta, ha sido la bujía. La *candela* (cd) es una unidad más reciente basada en los dispositivos eléctricamente reproducidos o repetibles y es prácticamente igual a la bujía. Para una comparación práctica, la lámpara piloto del número 51 está especificada en aproximadamente una candlepower.

El flujo luminoso que cae sobre una superficie es directamente proporcional a la candlepower e



(*a*)



(*b*)

Fig. 3 - 27. (a) Objetivo zoom de potencia. (b) Está quitada la cubierta para que se vea el motor.

inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. El flujo luminoso sobre la superficie es su *iluminación*. Una *footcandle* (fc), es el flujo luminoso interceptado por una superficie de un pie cuadrado que está a una distancia de un pie desde una fuente de una candlepower. Para calcular la iluminación en footcandle, se divide las candlepower de la fuente por el cuadrado de la distancia. Por ejemplo, una fuente de 400 candlepower que está situada a 10 pies de una superficie da esta iluminación:

$$L = \frac{400}{10^2} = \frac{400}{100} = 4 \text{ fc}$$

La unidad que se emplea en el sistema métrico para la iluminación es la candela-metro, llamada *lux* (lx). Si se utilizan los mismos números pero se convierten los pies a metros, la solución se da en unidades de luz. Por ejemplo, como 10 pies son aproximadamente 3 metros,

$$L = \frac{400}{3^2} = \frac{400}{9} = 44{,}4 \text{ lux}$$

El footcandle y el lux son las dos unidades de flujo luminoso, o de iluminación. Las unidades footcandle y lux difieren aproximadamente en un factor 10. Esta relación es importante porque las especificaciones de las cámaras fabricadas en países que no sean los EE.UU. suelen estar dadas en lux. Para convertir lux a footcandle se divide por 10 (más aproximadamente, 10,87). En estos ejemplos, 4 fc y 44 lux son aproximadamente iguales. La footcandle es la unidad mayor.

Las cámaras están especificadas en la mínima iluminación necesaria para obtener una imagen útil. Generalmente se da también la iluminación necesaria para satisfacer ciertas verificaciones de la prestación. Por ejemplo, una cámara representativa 3-Saticon ENG especifica la iluminación mínima en 250 lux, o 23 fc en los tubos de cámara. Se dan asimismo las especificaciones para la relación señal/ruido, resolución y otros factores de la prestación para una iluminación del sujeto de 2500 lux o 230 fc. Como comparación práctica del flujo luminoso, la iluminación deseable para la lectura es aproximadamente 10 fc.

Preguntas de prueba 3-11
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Un valor de *f* bajo proporciona más luz o menos luz?
b. ¿Se mejora la profundidad de campo con un valor de *f* más bajo o más alto?
c. ¿Cuántas unidades de lux equivalen a la iluminación de 3 fc aproximadamente?

RESUMEN

1. Las cámaras de televisión utilizan el vidicón, o tubos de cámaras similares, como dispositivo captador. La placa fotoconductora de imagen convierte la entrada de luz en la salida de señal de cámara cuando un haz electrónico explora dicha placa. En el vidicón la placa de imagen o blanco está fabricada con compuestos de antimonio. El plumbicón utiliza una placa de blanco de óxido de plomo; en el saticón se utiliza el selenio, el arsénico y el telurio.
2. La cabeza de cámara contiene el tubo o tubos captadores para el color, los conjuntos de bobinas para la deflexión y el enfoque magnético, preamplificadores para la señal de cámara y la sección del procesador de señal. Una señal que comprende los impulsos de sincronismo y de borrado se llama vídeo compuesta. Las cámaras portátiles contienen un generador interno de sincronismo.
3. Las cámaras de color requieren algunos medios para descomponer el rayo luminoso en sus componentes primarias de rojo, verde y azul. Esta función es realizada por los divisores o separadores del rayo luminoso en las cámaras de tres tubos o por filtros de tiras de color en los dispositivos captadores de color de un solo tubo.

4. La corriente oscura es la corriente que fluye en el circuito de la placa de imagen cuando la lente de la cámara está tapada para que no haya entrada de luz.
5. La tensión de la placa de imagen se ajusta para un valor especificado, con respecto al cátodo, con el fin de proveer la intensidad deseada de la corriente oscura.
6. La corriente del haz se ajusta para proveer suficientes electrones en el haz de exploración con el fin de descargar la placa de imagen en las áreas de altas luces de blanco de la imagen.
7. El procesado de la señal en las cámaras de color incluye las correcciones estática y dinámica del sombreado, la corrección de gamma, el equilibrio de blanco y la adición del sincronismo.
8. Gamma es un valor exponencial que expecifica cómo son extendidos o comprimidos los valores de la luz blanca, y afecta a la relación de contraste. La corrección de gamma se hace en la cámara para compensar las características no lineales de la excitación del tubo de imagen.
9. Retardo de imagen en el tubo de cámara significa que la imagen permanece durante un intervalo demasiado largo después de que la información de imagen ha cambiado en la placa de blanco. Esto origina colas blancas en la imagen y un efecto de rayos X. El retardo de imagen es más importante en los vidicones, mejor en los saticones y mejor aún en los pumblicones. El retardo se reduce en los saticones mediante el uso de luz polarizada.
10. La distancia focal de una lente determina su ángulo de captura o torna para primeros planos y de largas distancias. Una distancia focal más corta significa mayor ángulo de toma para primeros planos.
11. La *f* nominal de una lente es su distancia focal dividida por su diámetro. Una con *f* más baja es una lente más rápida que permite más entrada de luz.
12. Generalmente el flujo luminoso se mide en footcandle. El número *f* de la lente u objetivo de una cámara ajusta el diafragma para variar la entrada de luz.

AUTOEXAMEN

Respuestas al final del libro

Elegir (*a*), (*b*), (*c*) o (*d*).

1. ¿Cuáles de los siguientes tubos de cámara utilizan óxido de plomo (PbO) para la placa de blanco o imagen fotoconductora: (*a*) vidicón, (*b*) plumbicón, (*c*) saticón, (*d*) orticón de imagen?
2. La salida de la señal de cámara sin sincronismo se denomina: (*a*) burst de negro, (*b*) video de enganche de generador, (*c*) video compuesta, (*d*) video no compuesta.
3. Una imagen de bajo contraste en que el blanco presenta una apariencia anodina y está falto de detalles sugiere que la causa es: (*a*) baja corriente del haz, (*b*) alta ganancia en el preamplificador, (*c*) gamma excesiva, (*d*) insuficiente anchura de exploración.

4. ¿Cuál de los siguientes tubos de cámara tiene el mínimo retardo? (*a*) vidicón, (*b*) plumbicón, (*c*) saticón, (*d*) iconoscopio.
5. La parte del espectro visible en que los tubos de cámara da la mayor salida es: (*a*) roja, (*b*) azul, (*c*) amarillo-verde, (*d*) infrarroja.
6. La precisión del tamaño de exploración y la linealidad son más importantes en: (*a*) una cámara de blanco y negro, (*b*) un plumbicón, (*c*) una cámara con un sólo tubo de color, (*d*) un saticón.
7. ¿Cuál de los siguientes controles sirve para ajustar la alineación del haz? (*a*) Enfoque óptico, (*b*) enfoque eléctrico, (*c*) corriente del haz, (*d*) sombreado.
8. Los efectos especiales y la conmutación en la producción se realizan por: (*a*) CCU, (*b*) cámara ENG, (*c*) SEG, (*d*) generador de sincronismo.
9. La gamma del tubo de imagen es: (*a*) 0,4545, (*b*) 1,0, (*c*) 1,4, (*d*) 2,2.
10. Si no se puede situar la cámara a suficiente distancia para incluir toda la escena, se cambia la lente con una: (*a*) de especificación *f* más baja, (*b*) de especificación *f* más alta, (*c*) de mayor distancia focal, (*d*) de menor distancia focal.
11. Un valor típico de la corriente oscura del vidicón es: (*a*) 0,2 μA, (*b*) aproximadamente 200 μA, (*c*) 8 mA, (*d*) 800 mA.
12. Una lente tiene una distancia focal de 8 cm y un diámetro de 4 cm. Su especificación *f* es: (*a*) 2, (*b*) 4, (*c*) 8, (*d*) 32.

PREGUNTAS DE ENSAYO

1. Hacer una lista de las partes principales de un tubo de cámara vidicón y de la función de cada una.
2. Comparar los tipos de placa de blanco o imagen utilizados en el vidicón, en el plumbicón y en el saticón.
3. ¿Qué significa *retardo de imagen* en el tubo de cámara?
4. Enumerar las tres componentes de una señal vídeo compuesta.
5. ¿Por qué es necesaria la corrección de gamma para la señal de cámara?
6. Definir CCU, ENG, EFP, SEG y CVBS.
7. Explicar cómo son televisados 24 cuadros de película con 60 campos de televisión.
8. ¿Qué es una lámpara (indicadora)?
9. Explicar cómo cambia la resistencia de un material fotoconductor con la iluminación.
10. Enumerar dos controles del tubo de cámara vidicón y explicar cómo se ajustan.
11. ¿Por qué es importante el equilibrio de blanco para el color?
12. Describir un tipo de cámara de color con un solo tubo.
13. ¿Cuáles son los porcentajes de rojo, verde y azul en la señal vídeo Y?
14. ¿Qué es un espejo dicroico?
15. Definir el número *f* de una lente óptica. ¿Cuál es el número *f* de una lente rápida?
16. Describir el efecto de la distancia focal sobre el ángulo de toma de una lente.
17. ¿Cuál es la finalidad de un objetivo zoom?
18. Definir las siguientes unidades de luz: bujía, candela, footcandle y lux.

PROBLEMAS

Soluciones de los problemas de número impar al final de libro

1. Calcular las candlepower necesarias para una fuente de luz o foco que produzca 25 fc a una distancia de 10 pies (3 m).
2. Calcular la relación aproximadamente constante para las siguientes comparaciones de *f*: 2/1,4; 2,8/2; 4/2,8; 5,6/4 y 8/5,6.
3. Calcular el diámetro de una lente de *f*/1,9 con distancia focal de 100 mm, o sea, 10 cm.
4. ¿Cuál es el diámetro de una lente *f*/1,9 que tiene una distancia focal de 50 mm, o sea, 5 cm?
5. En la figura 3-6, ¿cuál es la corriente de señal del vidicón para una iluminación de 20 fc con una corriente oscura de 0,02 μA?

PREGUNTAS ESPECIALES

1. ¿Qué tubo de cámara cree Vd. que es el mejor? ¿Por qué?
2. Enunciar algunas diferencias entre las cámaras de estudio y las de exterior.
3. ¿Qué significa *fijar* una señal de c.a. en un nivel de c.c.?

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE PRUEBA

3-1 **a.** V (verdadero)
b. F (falso)
c. V
3-2 **a.** F
b. F
3-3 **a.** Placa de blanco o de imagen
b. Menos
c. En
d. Placa de blanco
3-4 **a.** V
b. F
3-5 **a.** F
b. V
3-6 **a.** V
b. F
c. V
3-7 **a.** V
b. V
c. V
d. F
3-8 **a.** 0,4545
b. Color
c. Extendido
3-9 **a.** F
b. F
c. V
3-10 **a.** V
b. F
c. F
d. V
3-11 **a.** Más
b. Más alto
c. 30

4

Tubos de imagen

El tubo de imagen es un tubo de rayos catódicos (TRC) con un cañón electrónico y una pantalla de fósforo dentro de la envolvente de vidrio vaciada de aire, como muestra la figura 4-1. En el cuello estrecho del tubo, el cañón electrónico produce un haz de electrones. Los electrones del haz son acelerados hasta la pantalla por la tensión anódica positiva. La cara anterior de la placa frontal de vidrio está recubierta por un material luminiscente que produce luz cuando es excitado o bombardeado por los electrones del haz. Con deflexión magnética se utilizan bobinas externas que rodean al cuello del tubo, las cuales hacen que el haz electrónico explore toda el área de la imagen. Los tubos de imagen se utilizan en los receptores y monitores de TV.

Un tubo monocromático de imagen tiene un cañón electrónico y un revestimiento continuo de fósforo que emite luz blanca. En los tubos de imagen en color, la pantalla está formada con tríadas de puntos o tiras verticales de fósforos rojo, verde y azul. Hay tres cañones electrónicos, uno para cada color del fósforo. En las siguientes secciones se dan más detalles:

4-1 Construcción del tubo de imagen

El tamaño de un tubo de imagen puede ser desde el del más pequeño con una pantalla de una pulgada aproximadamente, medida diagonalmente, hasta el de los grandes tubos de visión directa con una diagonal de pantalla de 30 pulgadas o más. El tubo de una pulgada es de tipo monocromático para el visor en las cámaras portátiles de TV. Los tamaños más comunes de pantalla son 5, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 17, 19, 21, 23 y 25 pulgadas. Para mayores tamaños de imagen se utilizan sistemas de proyección ópticos.

La Federal Trade Commission (FTC) exige que todos los tamaños de pantalla sean anunciados o declarados como longitud de la diagonal del área visible de pantalla. Con una relación de aspecto de 4:3 la diagonal es aproximadamente 25 % mayor que la anchura.

El número de tipo de un tubo de imagen comienza con un número que da el tamaño de la pantalla en el sistema EIA. Para el 19VHBP22 de la figura 4-1, por ejemplo, la diagonal de pantalla mide 19 pulgadas, más o menos 1/2 pulgada. Si el tamaño de pantalla es un número entero más 0,5 pulgada exactamente, se utiliza el número entero inmediatamente superior.

Los números de tipo de los tubos de imagen de países que no sean EE.UU. comienzan con un



Fig. 4 - 1. Tubo de imagen en color, tipo 19VHBP22. (RCA.)

número que especifica la diagonal de pantalla en milímetros (mm). Por ejemplo, un número de tipo japonés tal como 330WB22 tiene una medida de diagonal de pantalla de 330 mm (aproximadamente 13 pulgadas). Una pulgada es igual a 25,4 mm.

Al final de la designación del tipo hay una P o una B seguida de un número que especifica la pantalla de fósforo. El número de fósforo es P4 o B4 para tubos de imagen en blanco y negro. Para tubos de imagen en color el número es P22 o B22. Esta pantalla tiene fósforos rojo, verde y azul.

En 1982, se creó un nuevo sistema universal de designación para todos los tipos de TRC. En el apéndice E se dan los detalles.

Tensión y corriente del calefactor. Estos valores no están especificados en el número de tipo de los tubos de imagen. Sin embargo, la tensión de calefactor es generalmente 6,3 V. Las especificaciones de corriente son 450 o 600 mA para los tubos monocromáticos y 800 a 1800 mA para los tubos de color. Los pequeños tubos de imagen monocromáticos especiales para televisores que funcionan con batería pueden utilizar una tensión de calefactor más baja, de 2 a 4 V.

En la mayoría de tubos de imagen en color, los tres calefactores correspondientes a los tres cañones electrónicos están conectados internamente en serie. Los terminales están conectados a las dos patillas extremas de la base. La especificación de 6,3 V es para los tres calefactores en serie. Se debe tener en cuenta que si uno de los circuitos de calefactor está abierto, estará abierto el circuito de los tres. Sin embargo, esto no suele ocurrir en los tubos de imagen en color. En algunos casos los tres calefactores pueden estar conectados en paralelo.

Funcionamiento instantáneo. Cuando se hizo la conversión al estado sólido de los receptores, el único tubo de vacío que quedó en ellos fue el tubo de imagen, por lo que éste fue el principal causante de la espera durante el período de calentamiento para la aparición de la imagen. Luego se ideó un sistema para mantener al calefactor del tubo de imagen a una temperatura próxima a la de emisión con una tensión reducida de calefactor cuando el televisor quedaba enchufado a la red, pero con el conmutador en la posición de desconexión. El calefactor estaba conectado, pero tenía aplicada la mitad de la tensión. Cuando se volvía a conectar el televisor, se le aplicaba al calefactor toda la tensión y la imagen aparecía dentro de una

fracción de segundo. Esto es lo que se denominó sistema de *funcionamiento instantáneo*.

Sin embargo, para economizar la energía eléctrica, hoy día ya no se utiliza el circuito de funcionamiento instantáneo, ya que casi todos los tubos de imagen tienen cátodos de calentamiento rápido. Se utilizan materiales especiales que proporcionan buena conducción térmica desde el calefactor al cátodo, pero que ofrecen el aislamiento eléctrico necesario.

Placa frontal. La pantalla de visión está constituida por la placa frontal de vidrio cuya superficie interior está recubierta de fósforo.

Debido a que en el interior de la envolvente se ha extraído el aire (hay un alto grado de vacío), existe un riesgo de violento estallido y rotura hacia el interior, llamada *implosión*, que esparce los fragmentos de vidrio peligrosamente. Para minimizar el peligro de implosión se utilizan dos sistemas: en uno de ellos la cara frontal de vidrio es realmente un grueso laminado de densas capas de vidrio. Entre las capas hay montado un panel resinoso transparente a modo de los cristales de seguridad del automóvil. En el segundo método hay montada una banda de acero pretensado alrededor de la circunferencia de la placa frontal. En el caso de rotura o perforación de la envolvente de vidrio, la banda de acero mantiene intacta a la placa frontal. En EE.UU. los tubos de imagen deben soportar las pruebas de implosión prescritas por Underwriters Laboratories (UL) para que puedan tener el sello UL de garantía.

Ángulo de deflexión. El máximo ángulo que se puede desviar el haz electrónico sin incidir en las paredes laterales es lo que se llama *ángulo de deflexión*. Son valores típicos 70, 90, 110 y 114°. El ángulo de deflexión es el ángulo total. Por ejemplo, un tubo con un ángulo de deflexión de 110° tiene una máxima deflexión de 55° a cada lado del eje central.

Una tendencia hacia mayores ángulos de deflexión ha reducido la profundidad de la caja de los receptores de TV, porque un tubo con mayor ángulo de deflexión tiene menor longitud para el mismo tamaño de la pantalla.

Pero esta tendencia a mayores ángulos de deflexión se ha invertido a causa de la necesidad de conservar la energía. Para un ángulo muy grande es necesaria más potencia de deflexión. Esta potencia corresponde a la mayor parte de la corriente de carga que un moderno receptor de TV toma de la línea de distribución de energía de c.a. Esta es la razón de que el ángulo de deflexión se haya mantenido pequeño para conseguir mayor rendimiento de funcionamiento. La mayoría de tubos de imagen tienen actualmente un ángulo de deflexión de 90°.

Algunos tubos de imagen pequeños fabricados especialmente para receptores de TV portátiles tienen un ángulo pequeño de deflexión. El tubo es largo pero la corriente que absorben es pequeña con el fin de conservar la batería.

El ángulo de deflexión del yugo de deflexión adapta el ángulo del tubo de imagen. Un tubo de 90° tiene un yugo de 90°.

Obsérvese que pantallas de diferentes tamaños pueden ser abarcadas con el mismo ángulo de deflexión. Por ejemplo, un yugo de 90° cubrirá completamente las pantallas de los tubos de imagen de 17, 19 o 21 pulgadas, si tienen todos el mismo ángulo de deflexión de 90°. La razón es que tubos más grandes con el mismo ángulo de deflexión son más largos.

Preguntas de prueba 4-1
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál es el tamaño de pantalla, por su diagonal, del tubo de imagen 19CP4?
b. ¿A qué ángulo de deflexión corresponde un máximo ángulo de deflexión de 45° a cada lado del eje central?
c. ¿Cuál es la tensión usual de calefactor de los tubos de imagen?

4-2 Alta tensión anódica

El segundo ánodo del cañón electrónico tiene aplicada la alta tensión positiva necesaria para acelerar los electrones hasta la pantalla con el fin de obtener el brillo deseado. El término general utilizado para todos los electrodos que tienen la máxima tensión de aceleración es *ultor*. Los valores típicos son los siguientes:

3 kV para tubo de imagen monocromático de 1 pulgada
10 kV para tubo de imagen monocromático de 12 pulgadas
20 kV para tubo de imagen monocromático de 19 pulgadas
30 kV para tubo de imagen en color de 25 pulgadas.

Estas tensiones son demasiado elevadas para

establecer la conexión en las patillas del zócalo, por lo que la conexión de ultor, o de ánodo, se hace en una cavidad de la envolvente de vidrio. Esta conexión se denomina a veces *botón de ánodo*.

La conexión del ánodo se establece a través de la envolvente de vidrio haciendo contacto con un revestimiento conductor que hay dentro de ella y que llega hasta el cuello del tubo. El revestimiento es un material de grafito llamado *Aquadag*. En la boca del cañón electrónico, los "dedos" del ultor hacen contacto elástico con el revestimiento interior de Aquadag del cuello. De esta manera se aplica la alta tensión dentro del tubo. Toda la superficie interior del tubo que hay delante del cañón electrónico, incluyendo el revestimiento de fósforo, está al potencial de la alta tensión aplicada. Como el potencial positivo rodea completamente al haz electrónico, los electrones no son atraídos hacia las paredes laterales del tubo.

La cavidad del ultor en la campana o envolvente del tubo de imagen tiene un diámetro de aproximadamente 1/4 pulgada (6,4 mm). El conductor que conecta la alta tensión está mantenido en la cavidad por una abrazadera de resorte. Una caperuza de caucho del tipo de succión, de 1 pulgada (25,4 mm) de diámetro, cubre la cavidad como protección contra el contacto con la alta tensión. En el caso del Sony Trinitron el conector de ultor es un adaptador coaxial que tiene dos valores de alta tensión. Uno es el de la tensión del ultor y el otro se utiliza para un conjunto de placas estáticas o fijas de convergencia.

Revestimiento conductor externo. La superficie exterior de la campana de vidrio también está recubierta con Aquadag. Este revestimiento está conectado a la masa del chasis por abrazaderas de resorte o mazo de hilo desnudo, usualmente montados en el bastidor metálico que soporta el yugo de deflexión. Alrededor de la conexión del ultor hay una pequeña corona circular sin revestimiento externo.

El revestimiento exterior conectado a masa en el tubo de imagen minimiza la radiación de interferencias eléctricas en las frecuencias de exploración vertical y horizontal. Por ejemplo, un circuito abierto de masa puede causar aquí un sonido de zumbido a causa de que es captada la salida de la exploración vertical por los circuitos de audio.

Capacidad anódica. La envolvente de vidrio actúa como condensador, formado por las capas interior y exterior con el vidrio como dieléctrico. Esta construcción es análoga a la de la antigua botella de Leyden. La capacidad del ánodo es muy alta, con un valor típico de 2000 picofaradios (pF) en un tubo de 25 pulgadas, a causa de la gran área superficial. Además, el espesor del vidrio produce una tensión de ruptura muy elevada.

Esta capacidad anódica actúa como condensador de filtro de la fuente de alimentación de alta tensión. Se utiliza una fuente de retorno, con la alta tensión inducida durante el tiempo de retraza horizontal. Como la frecuencia de exploración horizontal nominal es 15.750 Hz, la frecuencia de ondulación es también 15.750 Hz. En esta frecuencia, el ánodo provee suficiente capacidad para el filtrado.

El condensador del ánodo con el vidrio como dieléctrico tiene una fuga extremadamente baja. Puede retener una carga durante un largo tiempo, posiblemente durante algunos meses. Siempre que se maneje un tubo de imagen habrá que tener la precaución de descargar previamente el condensador anódico. Esto se realiza cortocircuitando el revestimiento conductor exterior con el botón del ultor.

Preguntas de prueba 4-2
Respuestas al final del capítulo

a. ¿La tensión anódica normal para un tubo de imagen en color de 25 pulgadas es de 10 kV o de 30 kV?
b. La capacidad anódica es de 2 o de 2000 pF?
c. La conexión del ánodo es la patilla del extremo del zócalo del tubo. ¿Verdadero o falso?

4-3 Fósforos de pantalla

Los más comunes son el fósforo verde P1 para los tubos de osciloscopio, el fósforo blanco P4 para los tubos de imagen monocromáticos y el fósforo P22 para los tubos de color. Están reseñados en la tabla 4-1.

Los componentes químicos de los "fósforos" son generalmente metales ligeros tales como zinc y cadmio en forma de compuestos de sulfuro, sulfato y fosfato. Para el fósforo verde P1 se utiliza generalmente una forma de silicato de zinc llamada *willemita*. Ordinariamente el fósforo blanco P4 es una combinación de sulfuro de zinc, sulfuro de cadmio o silicato de zinc. Este fósforo es realmente una combinación de amarillo y azul,

TABLA 4-1
FÓSFOROS DE PANTALLA COMUNES DE LOS TUBOS DE RAYOS CATÓDICOS

NÚMERO DEL FÓSFORO	COLOR	PERSISTENCIA	USO
P1	Verde	Media	Osciloscopio
P4	Blanco	Media-corta	Tubo de imagen monocromático
P22	Rojo, verde, azul	Media	Tubo de imagen tricolor
P31	Verde	Media-corta	Osciloscopio

ya que ningún fósforo puede producir blanco él solo. Para las pantallas de color, el fósforo P22 incluye sulfuro de zinc para el azul, silicato de zinc para el verde y elementos de tierras raras tales como europio e itrio para el rojo.

El material del fósforo es convenientemente procesado para producir partículas muy finas que son aplicadas a la cara interior de la placa frontal de vidrio. Este revestimiento muy delgado que forma la pantalla es una capa uniforme para los tubos monocromáticos. En los tubos de color el fósforo está depositado en puntos o líneas verticales para cada color. Se pueden ver los puntos individuales o las líneas de color con un pequeño microscopio portátil de 50 aumentos mantenido contra la pantalla mientras ésta está funcionando.

En términos de estructura molecular, los fósforos son cristales a los cuales puede ser añadido un material activador tal como manganeso o plata para distorsionar la red del cristal. Los electrones de alta velocidad excitan al fósforo, haciendo que emita luz. Los electrones interiores de los átomos del fósforo son obligados a moverse hasta un nivel de energía más alto. Cuando el nivel de esos electrones vuelve a descender, es radiada energía. La radiación de luz desde la pantalla cuando ésta es excitada por el haz electrónico es lo que se llama *luminiscencia*. Cuando se extingue la luz después de la excitación, la pantalla está *fluorescente*. Asimismo, *fosforescencia* es la emisión continuada de luz inmediatamente después de la excitación de la pantalla.

Persistencia de la pantalla. El tiempo transcurrido desde que la luz es emitida por la pantalla hasta que su valor disminuye hasta el 1 % de su valor máximo es lo que se llama *persistencia de la pantalla*. Es conveniente una persistencia media porque así aumenta el brillo medio y se reduce el parpadeo. Sin embargo, la persistencia debe ser menor que 1/30 s para los tubos de imagen con el fin de que cada cuadro no persista en el siguiente, produciendo una confusión o emborronamiento en el movimiento.

El tiempo de decaimiento de los tubos de imagen es aproximadamente 0,005 s, o sea 5 ms, que es una persistencia media-corta. El fósforo verde P1 para los tubos de osciloscopio tiene generalmente menor persistencia, de 0,05 s.

Pantalla aluminizada. Prácticamente todos los tubos de imagen tienen actualmente una capa muy delgada de aluminio en la superficie interior de la pantalla de fósforo, enfrentada con el cañón electrónico. Esto ofrece varias ventajas. Primera, el revestimiento de aluminio es transparente al haz de electrones, pero puede reflejar la luz de la pantalla; la luz emitida por el fósforo no es dirigida inversamente hacia el cañón sino que es reflejada hacia adelante hasta el telespectador. El resultado es un aumento sustancial del brillo en comparación con las pantallas no aluminizadas.

La segunda ventaja es que la capa aluminizada actúa como una trampa para bloquear las cargas de iones pesados que son un subproducto inevitable de la emisión de electrones en el cátodo. Estos iones pesados no son desviados como lo son los electrones y, por lo tanto, los iones tienden a concentrarse en el centro de la pantalla. Este efecto puede crear una mancha marrón llamada *mancha iónica*, que es producida por la acción química en el fósforo. Antes de que se utilizaran pantallas aluminizadas la solución fue montar un pequeño imán, llamado *trampa de iones*, o *curvador del haz*, en el cuello del tubo. El cañón electrónico estaba orientado hacia afuera de la pantalla, y el imán enviaba los electrones hacia el eje central, pero no los iones. Sin embargo, esta técnica ya no es necesaria con los tubos aluminizados.

La tercera razón es que el revestimiento de aluminio captura los electrones secundarios emitidos desde la pantalla de fósforo cuando es excitado por el haz. En consecuencia, la pantalla se puede cargar hasta el potencial ultor. Entonces la pantalla de fósforo tiene realmente el potencial anódico positivo y atrae a los electrones del haz.

La aluminización se realiza por evaporación. En una cámara de vacío se evapora aluminio puro y el vapor de aluminio se condensa sobre el dorso de la capa de fósforo. Después de la aluminización se completa la placa frontal y se la une herméticamente a la campana del tubo con un material cerámico llamado *cemento frita*.

Preguntas de prueba 4-3
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuáles son los números respectivos del fósforo de los tubos de imagen monocromáticos y de los de color?
b. Los tubos aluminizados necesitan un imán trampa de iones. ¿Verdadero o falso?
c. ¿De qué color es el fósforo P1?

4-4 Cañón electrónico

La figura 4-2 es un diagrama simplificado de un cañón electrónico. El cátodo es un pequeño disco de óxido metálico colocado en el centro de un tubo estrecho que cubre al calefactor. Aunque el cátodo es calentado para producir la emisión termoiónica, está eléctricamente aislado del calefactor. Después, a lo largo del eje del tubo está situado el cilindro de la rejilla de control, designada *G*1. La rejilla cubre casi completamente al cilindro del cátodo, pero una pequeña abertura de *G*1 permite el paso de los electrones. La tensión de polarización negativa en la rejilla de control con respecto al cátodo permite que *G*1 controle la carga espacial de los electrones emitidos por el cátodo. En virtud de esto se pueden variar la corriente del haz y el brillo modulado por la tensión de la señal vídeo que es aplicada entre *G*1 y el cátodo.

La rejilla pantalla *G*2 se considera también como primer ánodo. Acelera los electrones del haz debido a su tensión positiva. El cilindro *G*2 contiene desviadores o baffles internos para restringir el haz confinándolo en un camino estrecho. A continuación de *G*2 está el cilindro de enfoque *G*3, que forma una lente electrostática con *G*2 y que obliga a los electrones a seguir su trayectoria hasta un punto de la pantallla de fósforo.

Todos los cilindros son de níquel o de una aleación de níquel. Están soportados por varillas aislantes de vidrio o de cerámica paralelas al eje del cañón. Las conexiones con los elementos se establecen en las patillas de la base, excepto las de *G*4, que forma parte del ultor. Esta cubeta tiene dedos metálicos de resorte que hacen contacto con el revestimiento interior de Aquadag para la tensión del ánodo. La figura 4-3 muestra un cañón electrónico de un tubo de imagen monocromático de pequeña pantalla.

Los elementos de *G*2, *G*3 y *G*4 absorben una corriente muy pequeña, aunque son positivos. La mayor parte de los electrones del haz pasa a través de las pequeñas aberturas de los cilindros a causa de que su estructura circular provee un campo acelerador del haz lateralmente simétrico. Así los electrones del haz emitidos por el cañón avanzan en línea recta hasta la pantalla, como si fuesen eyectados desde una fuente puntual. La

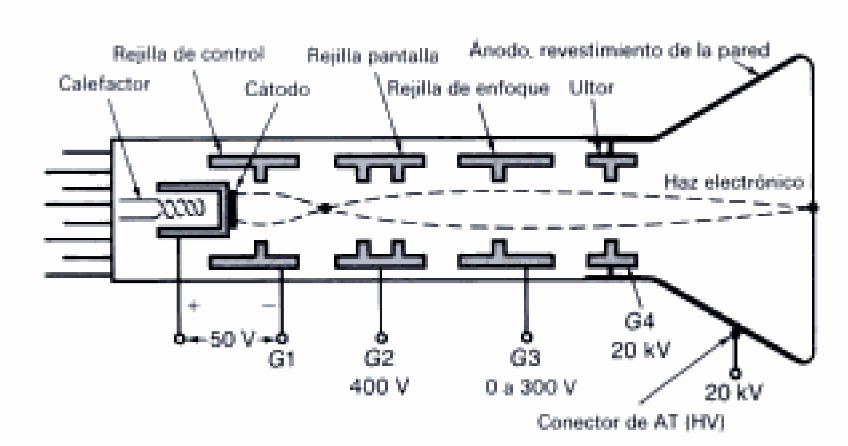


Fig. 4 - 2. Estructura básica de un cañón electrónico que utiliza enfoque electrostático y deflexión magnética.



Fig. 4 - 3. Cañón electrónico real de un tubo de imagen monocromático de pequeña pantalla en que se utiliza una lente Einzel para enfoque electrostático a baja tensión. La longitud del cañón es 3 pulgadas (76,2 mm) y el diámetro es de 1/2 pulgada (12,7 mm).

abertura en el extremo de *G4* puede ser considerada como la "boca" del cañón electrónico.

Entre el cátodo y la conexión de alta tensión del ánodo se forma un circuito completo para el haz electrónico. Los electrones secundarios desprendidos desde la pantalla de fósforo son recogidos por el revestimiento de aluminio, que está conectado a la capa interior de Aquadag y a la fuente de alta tensión. El tubo de imagen puede ser considerado como un circuito en serie con la fuente de alta tensión. El haz electrónico forma un camino desde el cátodo hasta la pantalla de fósforo. Los valores normales de la corriente del haz de un cañón electrónico son de 300 hasta 800 μA. Esta corriente del haz es la corriente de carga para la fuente de alta tensión conectada al ánodo.

Preguntas de prueba 4-4
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál es el electrodo más negativo (o el menos positivo) en el cañón electrónico, el cátodo, o la rejilla de control?
b. ¿Cuál es el elemento más positivo del cañón electrónico?
c. ¿De qué terminal fluye la mayoría de los electrones del haz?

4-5 Enfoque electrostático

Los electrones emitidos desde el cátodo tienden a separarse porque se repelen mutuamente, pero pueden ser obligados a converger por un campo eléctrico o magnético. Esta acción es similar a la del enfoque de un haz luminoso por una lente óptica. Por esto se utiliza el término *enfoque* para designar la producción de un haz estrecho cuando el sistema de enfoque es una lente electrónica. Se utilizan dos lentes electrónicas. La primera está constituida por el campo electrostático entre el cátodo y la rejilla de control producido por su diferencia de potencial. Esta tensión hace que el haz converja en un punto llamado *punto de cruce*, situado inmediatamente detrás de la rejilla de control, en el punto P de la figura 4-4. La segunda lente puede ser un campo electrostático o bien un campo magnético, y enfoca el haz a un punto situado inmediatamente antes del punto de deflexión. Debido a la acción de las dos lentes electrónicas, el haz es enfocado en un pequeño "punto" luminoso, o mancha, sobre la pantalla.

Punto de cruce. La primera lente electrónica, que está formada por el campo electrostático en-

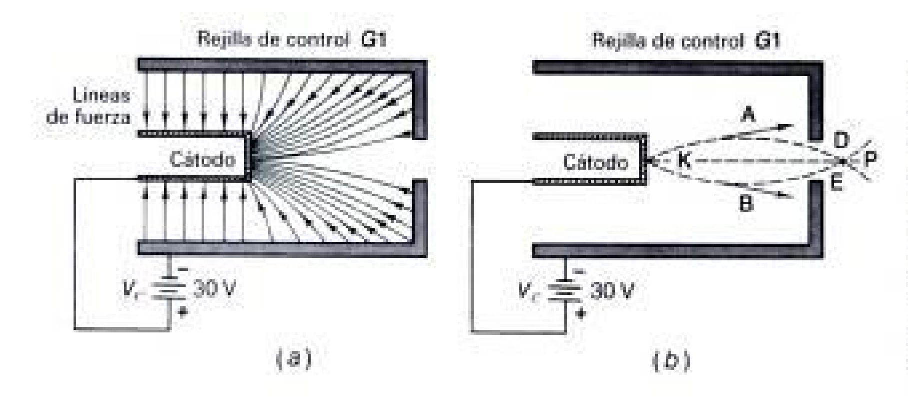


Fig. 4 - 4. Enfoque electrostático para la primera lente electrónica entre el cátodo y la rejilla de control G1. (a) Líneas de fuerza del campo electrostático entre G1 y el cátodo. Aquí no está representado el haz electrónico. (b) Efecto sobre el haz electrónico. Los electrones que divergen desde el punto K son enfocados al punto de cruce P. Aquí no están representadas las líneas de fuerza.

tre el cátodo y la rejilla de control, está ilustrada en la figura 4-4. Las líneas de fuerza en la figura 4-4*a* tienden a empujar a los electrones hacia el cátodo (en retroceso) a causa de que la rejilla de control es negativa. Las líneas de fuerza son rectas donde el cátodo y la rejilla son paralelos. Tales líneas rectas indican un cambio uniforme de potencial en el espacio comprendido entre la rejilla y el cátodo. Sin embargo, donde la rejilla no está uniformemente distante del cátodo, las líneas de fuerza son curvas. Las líneas de fuerza curvadas tienen una dirección tal que repele a los electrones hacia el eje central. Los electrones divergen tanto más cuanto mayor es la fuerza que los atrae hacia el centro.

Ahora recuérdese que la tensión positiva de *G2* y la tensión anódica proveen una fuerza aceleradora hacia adelante. El resultado neto es que las líneas de fuerza divergentes hacen que los electrones atraviesen las aberturas de la rejilla (fig. 4-4*b*). Luego el haz divergente es enfocado al punto P detrás de la rejilla de control. Los electrones emitidos en la dirección KA son obligados a seguir la trayectoria curva KDP. Análogamente, los electrones de la trayectoria KB son obligados a seguir la trayectoria KEP. Los electrones que siguen una trayectoria de línea recta coincidente con el eje central permanecen en esta línea.

El punto focal P es el punto de cruce producido por la primera lente electrónica. P es una fuente puntual de electrones que son dirigidos a la pantalla por la segunda lente electrónica para producir un punto bien definido. De esta manera puede ser obtenido un enfoque fino a causa de que el punto de cruce es de un diámetro mucho menor que la superficie del cátodo que suministra los electrones para el haz.

Segunda lente electrónica. Se puede utilizar uno cualquiera de dos métodos. Para el sistema de enfoque de alta tensión de la figura 4-5 generalmente la tensión enfoque es igual a la quinta parte de la tensión del ánodo. Por ejemplo, si la tensión del ánodo es 25.000 V en el tubo de color de 19 pulgadas, la tensión para la rejilla de enfoque es aproximadamente $^1/_5 \times 25.000 = 5000$ V. En el método de baja tensión de la figura 4-6, la rejilla de enfoque tiene un potencial mucho más bajo, normalmente de aproximadamente 0 a 400 V.

Enfoque de alta tensión. En la figura 4-5, los cilindros *G3* y *G4* tienen el mismo diámetro. La rejilla *G4*, con su plena alta tensión, forma parte del ultor. Sin embargo, *G3* es la rejilla de enfoque con una tensión de varios kilovoltios, o una quinta parte de la tensión del ánodo. Las líneas eléctricas de fuerza están indicadas por líneas curvas con flechas. Estas líneas son más densas hacia el eje central a causa del gradiente de campo entre las superficies. En el espacio comprendido entre *G3* y *G4*, por tanto, el campo eléctrico hace que los electrones se separen y se muevan hacia el eje central.

Este sistema de enfoque con sus cilindros *G3* y *G4* de diámetro uniforme es el que comúnmente se emplea en los cañones electrónicos de la mayoría de tubos de imagen tricolor. La tensión de *G3* es de aproximadamente una quinta parte, o 20 %, de la alta tensión aplicada a *G4*. Ordinariamente hay provisto un control variable de la tensión de *G3* que permite obtener un ajuste preciso del enfoque. El control de enfoque se ajusta para que aparezcan líneas de exploración precisas en la trama y los más pequeños detalles en la imagen.

Enfoque de baja tensión. En el sistema representado en la figura 4-6 se utiliza para la rejilla de enfoque un cilindro más grande colocado entre dos cilindros más pequeños que son los que están al potencial ultor. Realmente, los pequeños cilindros forman la *G4* de ultor, pero divididos en dos

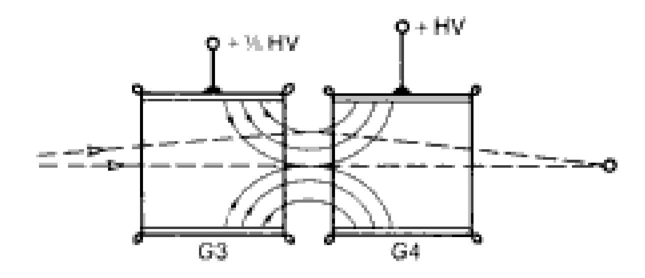


Fig. 4 - 5. Método de enfoque de alta tensión para la segunda lente electrónica.

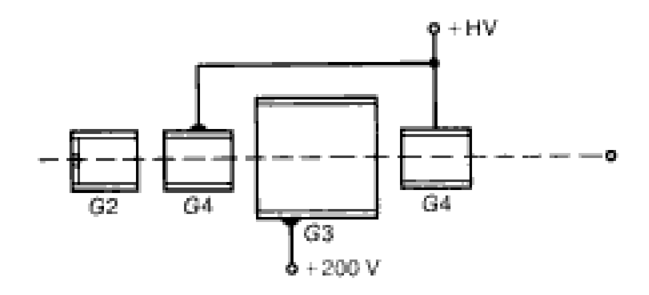


Fig. 4 - 6. Método de enfoque de baja tensión para la segunda lente electrónica, utilizando lente de Einzel o unipotencial.

partes, antes y después de $G3$. La rejilla de enfoque $G3$ está a baja tensión, entre 0 y 400 V. En consecuencia, el haz electrónico entra en un campo decelerador, que se aproxima a $G3$, y que hace converger los electrones en el eje central.

Este sistema de enfoque se denomina *lente unipotencial* o *de Einzel*. Es utilizado en la mayoría de tubos de imagen en blanco y negro y en el tubo de imagen en color Sony Trinitron. En el sistema Einzel el enfoque no es crítico. El ajuste se hace seleccionando una de las varias tensiones fijas disponibles en la fuente de alimentación de baja tensión.

Preguntas de prueba 4-5
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Está formado el punto de cruce para el enfoque por la primera o por la segunda lente?
b. ¿Se utiliza la tensión de 200 V de $G3$ para el método de enfoque de baja tensión o para el de alta tensión?
c. En la mayoría de tubos de imagen en color, la tensión de $G3$ para el enfoque tiene un valor ajustable de varios kilovoltios. ¿Verdadero o falso?

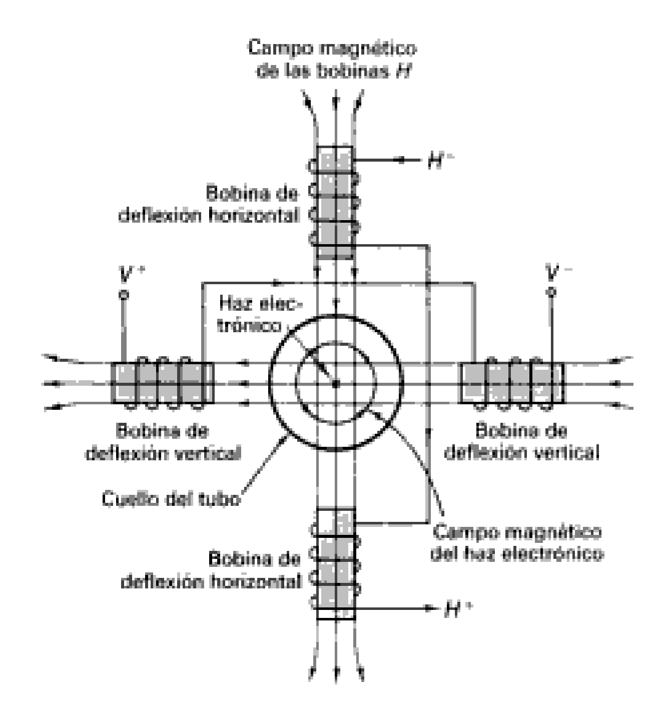


Fig. 4-7. Cómo producen la deflexión los campos magnéticos de las bobinas de exploración V *y* H. *El haz electrónico es desviado hacia abajo y hacia la derecha por el flujo electrónico representado en las bobinas.*

4-6 Deflexión magnética

Todos los tubos de imagen, ya sean en color o monocromáticos, utilizan deflexión magnética con las bobinas de exploración V y H situadas en un yugo externo que rodea el cuello del tubo, en vez de deflexión electrostática con placas internas de deflexión. A las placas de deflexión electrostática se aplica una tensión diente de sierra. Para las bobinas de exploración electromagnética se necesita corriente en diente de sierra.

La deflexión es mucho más fácil con exploración magnética, especialmente con la muy alta tensión de ánodo utilizada para los tubos de imagen. En la exploración electrostática, el ángulo de deflexión es inversamente proporcional al valor de la alta tensión. Por ejemplo, aumentando nueve veces la tensión anódica se reduce el ángulo de deflexión a la novena parte. Sin embargo, con exploración magnética el ángulo de deflexión es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la alta tensión. Así, aumentando la tensión anódica nueve veces se reduce el ángulo de deflexión sólo una tercera parte. La conclusión es, pues, que un tubo de imagen con deflexión electrostática tendrá un ángulo de deflexión demasiado pequeño y el tubo tendrá que ser demasiado largo.

En la exploración magnética se utilizan dos pares de bobinas de deflexión (fig. 4-7) que están montadas externamente alrededor del cuello del tubo antes de la campana. El par de bobinas situadas una por encima y otra por debajo del eje del haz produce la deflexión horizontal; el par de bobinas situadas una a la izquierda y otra a la derecha del haz desvía a éste verticalmente. El desplazamiento perpendicular es el resultado de que la corriente de cada bobina tiene un campo magnético que reacciona con el campo magnético del haz electrónico y la fuerza resultante desvía los electrones perpendicularmente al eje del haz y al campo de deflexión.

Para analizar la deflexión, recuérdese que la reacción entre dos campos paralelos ejerce siempre una fuerza dirigida hacia el campo más débil. Consideremos primero las bobinas de deflexión horizontal de la figura 4-7. Los arrollamientos están en un plano horizontal por encima y por debajo del eje del haz. Aplicando la regla de la

mano izquierda, el dedo pulgar apunta en la dirección del campo interior de una bobina cuando los otros dedos están curvados en el sentido del flujo electrónico que rodea a la bobina. Por consiguiente, el campo de deflexión de arrollamientos horizontales se dirige hacia abajo. Cuando el haz electrónico entra perpendicularmente en el papel, como indica la cruz en el centro, las líneas de su campo magnético están dirigidas en el sentido contrario al de las agujas del reloj alrededor del haz en el plano del papel. A la izquierda del eje del haz, el campo magnético del haz electrónico está dirigido hacia abajo, en el mismo sentido que el campo deflector; mientras que a la derecha está dirigido hacia arriba, en sentido opuesto al campo deflector. El haz electrónico se desvía hacia la derecha, por tanto, cuando la fuerza resultante desplaza al haz hacia el campo más débil. De la misma manera, las bobinas de deflexión vertical desvían al haz hacia abajo. Las corrientes de deflexión para ambos juegos de bobinas son aplicadas simultáneamente, desviando el haz hacia la parte inferior derecha de la pantalla en este ejemplo.

En la práctica las bobinas de deflexión están devanadas en forma de silla de montar y el conjunto de las cuatro bobinas recibe el nombre de *yugo de deflexión*. La figura 4-8 muestra las bobinas de un yugo típico, separadas para su ilustración, pero dispuestas en la posición relativa correcta. Alrededor de las bobinas hay fijado un anillo que está formado por dos segmentos de ferrita. Este anillo completa el camino externo de las líneas de flujo magnéticas con el fin de reducir al mínimo la reluctancia total del circuito magnético. La mayor separación entre el aire y el vacío

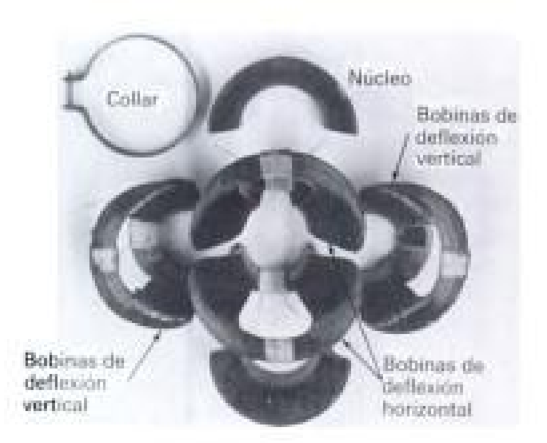


Fig. 4 - 8. Yugo de deflexión despiezado para que se vean las bobinas de exploración V *y* H.

en el circuito magnético la constituye el propio cuello del tubo de imagen.

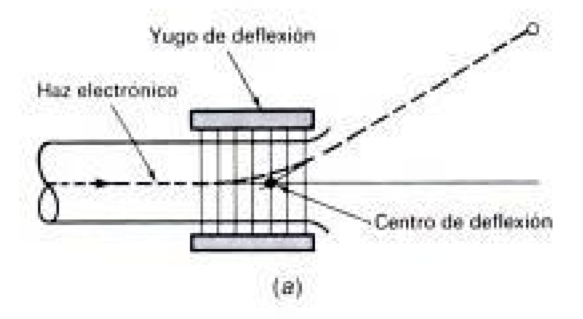
La tendencia hacia cuellos más estrechos ha sido un progreso que hace posible mejorar los cañones electrónicos. Un cuello más estrecho significa reducir la reluctancia del circuito magnético. Para una intensidad dada de la corriente en las bobinas se produce mayor densidad de flujo y, en consecuencia, mayor sensibilidad de la deflexión. Se puede hacer uso de estas ventajas para obtener un ángulo grande de deflexión y acortar el tubo de imagen sin pérdida de la potencia de deflexión.

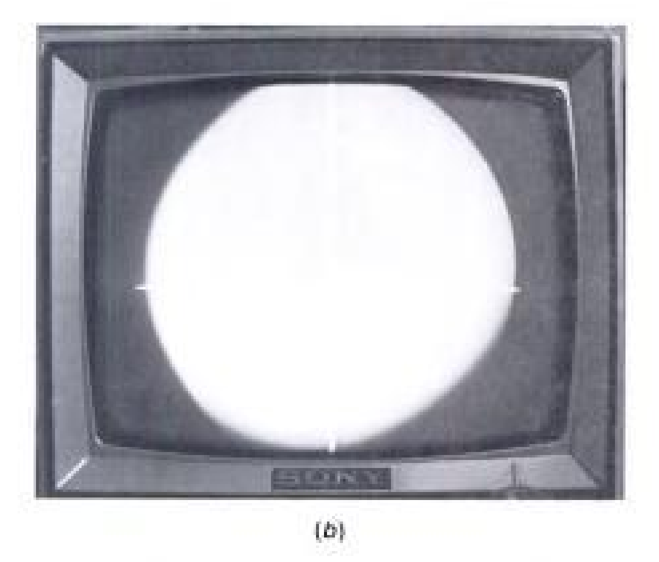
Ajustes de centrado. Debido a la tolerancia en el diseño y el montaje del cañón electrónico dentro del tubo de imagen, usualmente hay un método para variar la posición estática del haz con deflexión nula para que el centro de la trama coincida con el centro de la pantalla. En los televisores antiguos el centrado se conseguía mediante el control por reóstato de la corriente en ambos arrollamientos vertical y horizontal. En este método se toma la corriente de la fuente de alimentación de c.c. Hoy día, el centrado de los tubos monocromáticos se efectúa con un par de imanes permanentes (PM) montados en anillo inmediatamente detrás del yugo de deflexión. Los imanes de centrado funcionan de la misma manera que los anillos de alineación del haz que se utilizan para las cámaras (fig. 3-14 *a*).

En los receptores modernos de color no se suelen emplear controles de centrado. La razón es que el ajuste puede cambiar la pureza de color y la convergencia de los tres haces. No obstante, para conseguir un centrado preciso de los haces electrónicos se utilizan ajustes de posición del haz para la pureza de color. Estos ajustes se hacen también con dos anillos magnéticos.

Distorsión en cojín. Con ángulo grande de deflexión la trama tiende a expandirse en las esquinas, lo que le da un aspecto de cojín o acerico. Este mismo efecto se puede ver con proyectores ópticos que utilizan una lente de ángulo grande.

En los receptores monocromáticos la distorsión en cojín se corrige por medio de pequeños imanes permanentes incrustados en la parte anterior de la armazón del yugo de deflexión. Sin embargo, estos imanes no se pueden utilizar para los tubos de color porque la distorsión del campo de deflexión afecta a la pureza y la convergencia del color. En vez de esto, se modifica la forma de onda de la corriente de deflexión para corregir la distorsión en cojín.





(b)

Fig. 4 - 9. (a) *Centro de deflexión en la boca del cañón electrónico, donde empieza la deflexión del haz.* (b) *Trama circular y esquinas sombreadas debido a que el centro de deflexión está demasiado retrasado. Habrá que desplazar el yugo hacia adelante.*

Posición del yugo. Cuando el haz electrónico entra en el campo magnético del yugo, el haz se desvía y esto continúa hasta que emerge del campo. Los electrones emergen esparciéndose desde un solo punto, que es el centro de deflexión, como muestra la figura 4-9*a*. Es importante que este punto esté suficientemente avanzado para que los electrones no incidan muy oblicuamente en la superficie interior del cuello del tubo.

Las esquinas sombreadas de la trama, llamadas *sombra de cuello*, indican que el centro de deflexión está demasiado retrasado o cerca del zócalo del tubo. La figura 4-9 *b* ilustra un caso extremo en el que, por estar el yugo demasiado retrasado, resulta una trama circular.

Para evitar la sombra de cuello, generalmente se desplaza el yugo hasta la campana del tubo de imagen y luego se le fija en su sitio. En los receptores de color la posición del yugo es más crítica. En efecto, el ajuste de posición del yugo afecta a la pureza de color en el tubo de imagen.

Finalmente, es importante tener en cuenta las siguientes características del yugo y su efecto sobre la trama de exploración:

1. Si se inclina el yugo, a derecha o a izquierda, la trama y la imagen resultarán inclinadas de la misma manera.
2. Con bobinas de deflexión equilibradas en el yugo se obtiene la simetría de la trama rectangular.

En cuanto a las deficiencias recuérdese que, cuando las líneas de la trama no son rectas, se debe ajustar el yugo. Además, si los lados horizontales o verticales de la trama no son respectivamente paralelos, la causa puede ser debida a un defecto del yugo de deflexión.

Preguntas de prueba 4-6
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Los pequeños imanes incrustados en el armazón del yugo corrigen la distorsión en cojín, o el centrado?
b. ¿Las bobinas que hay por encima y por debajo del haz electrónico son para la exploración *V*, o para la exploración *H*?
c. En los receptores monocromáticos se utilizan dos anillos de imán permanente (PM) situados detrás del yugo para el centrado del haz. ¿Verdadero o falso?
d. ¿Es debida la sombra de cuello a que el yugo de deflexión está demasiado retrasado, o a que está demasiado adelantado?

4-7 Tubos de imagen tricolor

La pantalla tiene fósforos rojo, verde y azul y se utilizan tres haces electrónicos, uno para cada color primario. Hay esencialmente tres tubos de imagen en una sola envolvente, como muestra la figura 4-10. Un cañón controla los electrones que inciden sólo en el fósforo rojo, el segundo es para el fósforo verde y el tercero es para el fósforo azul. Los fósforos de color forman tríadas de puntos en la figura 4-10, pero en muchos tubos de imagen en color se utilizan tríadas de líneas verticales de rojo, verde y azul. La figura 1-1 muestra un ejemplo.

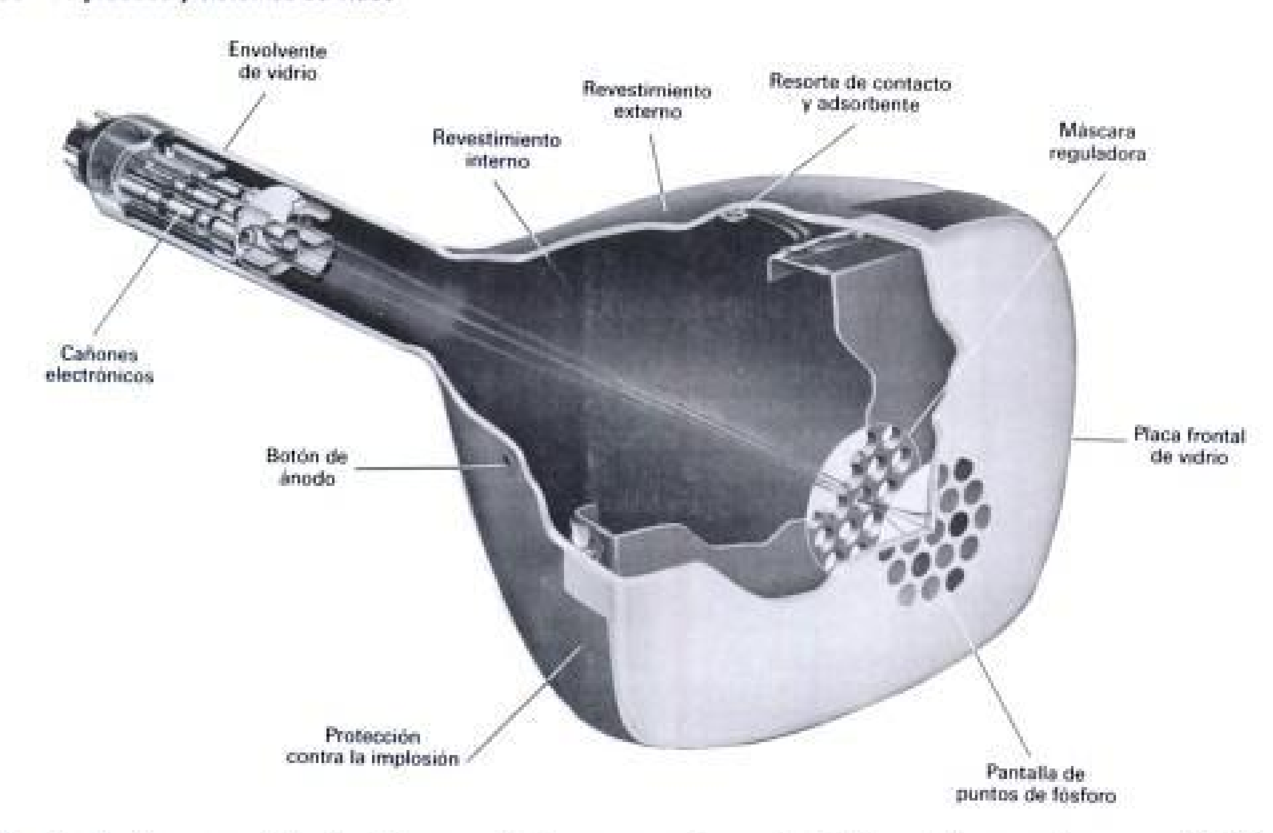


Fig. 4 - 10. Estructura del tubo de imagen tricolor con tres cañones electrónicos en línea para los puntos de fósforo rojos, verdes y azules. La máscara de sombra o reguladora tiene orificios en toda la superficie. (General Electric.)

La separación de los colores se mantiene por el principio de la máscara de sombra o reguladora. La máscara es una hoja de acero perforada, montada en el dorso de la pantalla, con orificios o ranuras respectivamente para los puntos o para las líneas de fósforo. Solamente los electrones que convergen en el ángulo correcto pueden incidir en la pantalla de fósforo para producir el color correcto. Los otros electrones son bloqueados por la máscara. Se utiliza realmente del 20 al 30 % de la corriente del haz para excitar los fósforos de la pantalla. Por esta razón, los tubos de imagen en color necesitan una tensión de ánodo mucho más alta y la intensidad de la corriente del haz es mucho mayor en comparación con los tubos monocromáticos.

La figura 4-11 muestra los componentes externos montados en el cuello del tubo de imagen en color:

1. *Yugo de deflexión.* Las bobinas de exploración *V* y *H* desvían los tres haces para formar la trama de exploración.
2. *Yugo de convergencia.* Este yugo magnético tiene ajustes individuales de cada color para que los haces converjan a través de los orificios de la máscara de sombra.
3. *Anillos magnéticos de pureza de color.* Estos anillos se ajustan para que el haz incida en la pantalla, de modo que se obtenga buena pureza de color. Para el ajuste de centrado de los tres haces de electrones se giran los dos anillos magnéticos.

Los detalles de cómo se efectúan los ajustes de pureza de color y de convergencia se explican en el capítulo 5.

Cañones en delta. Los primeros tubos con máscara reguladora producidos por RCA, utilizaron la disposición de cañones en delta en la figura 4-12 *a*. Los tres cañones electrónicos están montados en los vértices de un triangulo equilátero, formando una delta (Δ). Este sistema permite adoptar el máximo diámetro para el electrodo de enfoque en los cañones individuales, dentro del

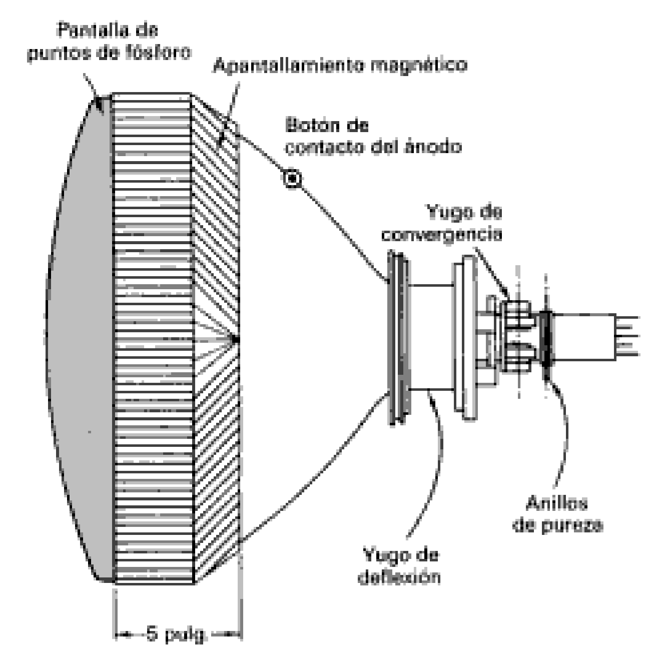


Fig. 4 - 11. Componentes magnéticos externos montados en el cuello del tubo de imagen para la deflexión y la convergencia del color.

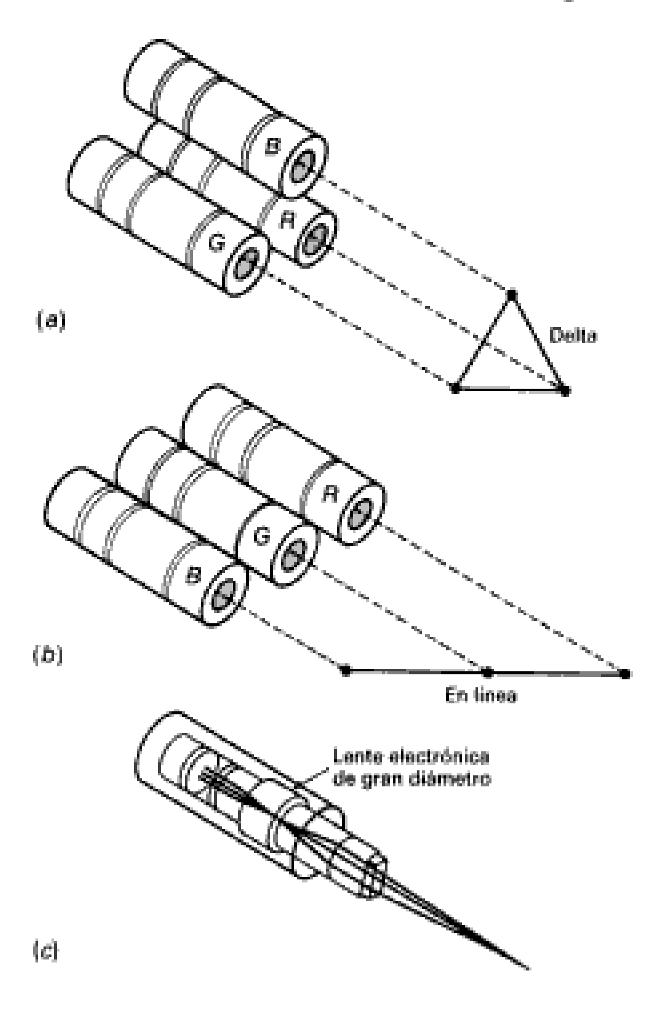


Fig. 4 - 12. Métodos de inclusión de tres cañones electrónicos en un tubo de imagen. (a) *Cañones en delta.* (b) *Cañones en línea.* (c) *Cañón Trinitron con tres cátodos en línea en un conjunto de un solo cañón.*

cuello del tubo, y ofrece la mejor relación entre los diámetros del cañón y del cuello del tubo. Sin embargo, la facultad para mantener los registros de los tres haces en todos los puntos de la pantalla se complica por el hecho de que ninguna combinación de los cañones puede estar en el mismo plano vertical ni en el horizontal.

Cañones en línea. Las mejoras en el diseño del cañón han conducido a un sistema alineado que generalmente es el utilizado hoy día. Los tres cañones están en un plano horizontal sobre un diámetro del cuello del tubo, como muestra la figura 4-12*b*. Generalmente el cañón de verde está en el centro. Aunque es necesario hacer algún sacrificio en el diámetro del cañón, el diseño hace posible mantener un excelente enfoque con un pequeño diámetro de la mancha luminosa para obtener una alta resolución en la imagen. La convergencia de color es mucho más fácil con los cañones en línea a causa de que uno de ellos está en el centro y los otros dos están en el mismo plano horizontal.

Cañón Sony Trinitron. Este sistema, representado en la figura 4-12 *c*, tiene un sistema peculiar de enfoque. Todos los electrones están en un solo cañón electrónico, pero con tres cátodos. *G*1 y las rejillas aceleradoras tienen tres orificios que acomodan los tres haces. Éstos emergen de *G*1 hacia el punto de cruce. Luego los haces pasan a través de una lente Einzel de gran diámetro que enfoca a los tres con el campo eléctrico común por enfoque electrostático de baja tensión.

Preguntas de prueba 4-7
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. La separación de los tres haces para los colores rojo, verde y azul se obtiene por una máscara reguladora o de sombra.

b. El yugo de deflexión es sólo para el haz verde.
c. Los cañones en delta tienen dos haces en el mismo plano.
d. Con los cañones en línea es más fácil efectuar los ajustes de convergencia que con los cañones en delta.

4-8 Máscara reguladora o de sombra

En un tubo de imagen tricolor los colores rojo, verde y azul se mantienen separados por la máscara reguladora. La figura 4-13 explica que haya un haz para cada color. Si se suspendiera un foco luminoso encima de una placa perforada con orificios como en un tamiz, entonces la luz del foco A pasaría a través de los agujeros como se muestra. Supongamos que estos puntos iluminados estén pintados de rojo. Entonces la luz de la fuente puntual A iluminaría sólo los puntos pintados de rojo. A continuación consideramos la fuente luminosa B. A causa de su posición, la fuente puntual B ilumina sólo los puntos pintados de azul. La misma idea se puede aplicar a una tercera fuente luminosa para el verde. Obsérvese que no son las fuentes las que producen por sí mismas los colores primarios; es la máscara lo que hace que un haz sirva para el rojo, otro para el azul y otro para el verde. La posición relativa de las fuentes de luz con respecto a la máscara es lo que determina los colores separados.

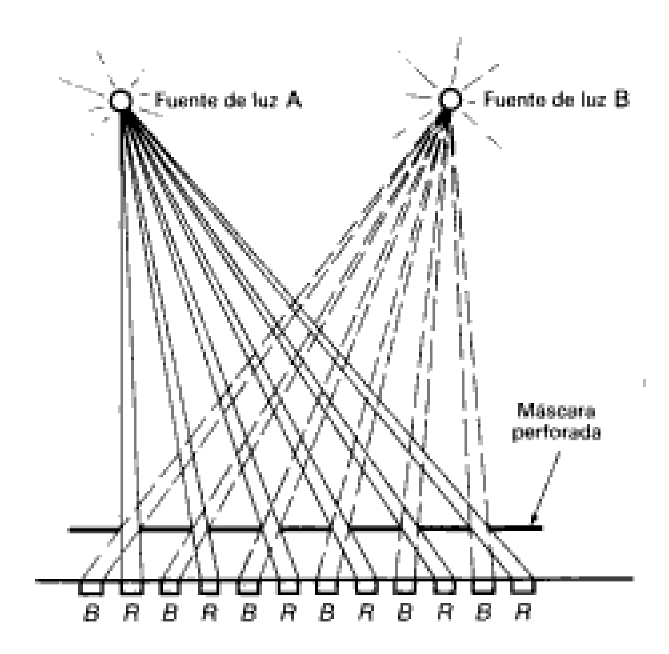


Fig. 4 - 13. Principio de la máscara de sombra ilustrado con dos focos o fuentes de luz.

Ahora consideremos los haces electrónicos, especialmente el centro de deflexión de cada haz, en lugar de las fuentes de luz. Además, reemplacemos los puntos pintados con fósforos de color. El resultado será el tubo de imagen tricolor con máscara de sombra.

Esta ilustración simplificada no es muy diferente del método real de producir la imagen en el tubo. Primero, la máscara de sombra es fijada correctamente a la pantalla de fósforo. La pantalla está recubierta con un material fotosensible. La máscara consiste en una delgada hoja esférica o cilíndrica de acero que ha sido perforada por fotograbado con 300.000 orificios o más.

Luego es expuesta la pantalla, a través de la máscara reguladora, a la luz de una fuente puntual especial llamada *tubo faro*. Éste no debe ser confundido con un tubo amplificador de UHF del mismo nombre.

Será colocado un juego de puntos de fósforo donde incide la luz en la pantalla a través de un orificio. Luego es grabada la película de la pantalla para eliminar las áreas expuestas y el fósforo depositado en las cavidades resultantes. Esta es la secuencia seguida para un color. Después es repetido el proceso para los restantes fósforos de los colores primarios mediante la indicación mecánica de la posición de cualquiera de los tubos faros en el conjunto de la placa frontal. Esta es una unidad separada hasta que es ensamblada a la envolvente.

Cuando se pone en servicio el tubo de imagen, el centro de deflexión de cada haz electrónico debe quedar colocado en la ubicación precisa del tubo faro utilizado cuando se fabricó la pantalla de fósforo. Este es el *ajuste de incidencia del haz* o *de pureza de color*. El resultado correcto produce tramas puras de rojo, verde y azul cuando se activan sucesivamente los cañones.

En la práctica todos los tubos de imagen tricolor trabajan de acuerdo con el principio de la máscara reguladora. Los orificios de la máscara pueden ser redondos, rectangulares, rómbicos o pueden ser ranuras continuas. El principio fundamental es el mismo para todos y las técnicas de fabricación utilizando tubos faro y el proceso de perforación por fotograbado son similares.

La máscara de sombra es una hoja delgada de acero soportada por una armazón interna para mantener su rigidez. La figura 4-14 muestra un conjunto de máscara sacada del tubo de imagen. La máscara es algo transparente a los electrones o a la luz, como se puede ver. Hay provistos aproxi-



Fig. 4 - 14. Máscara de sombra sacada de un tubo de imagen en color para mostrar la transparencia de la máscara. Vista parcial transversal a través de la máscara.

madamente 300.000 orificios. Sin embargo, sólo del 20 al 30 % de electrones pasa a través de la pantalla de fósforo.

Los orificios se obtienen por fotograbado en la cara de la máscara no enfrentada con el cañón electrónico, para que sean cónicos en lugar de cilíndricos. La figura 4-15 muestra una fotografía tomada mediante un microscopio de 50X. La finalidad de que la forma sea cónica es prevenir la emisión secundaria de la propia máscara. Los

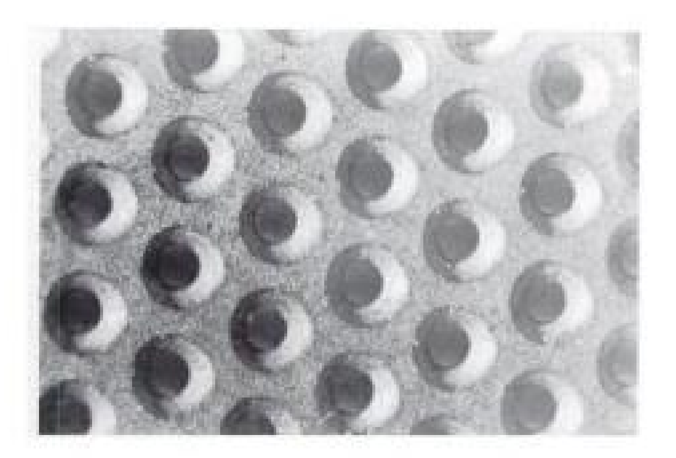


Fig. 4 - 15. Fotografía con microscopio de los orificios cónicos en la máscara de sombra, desde la cara de la placa frontal.

orificios cónicos presentan un borde afilado en el lado del cañón, para que los electrones que se aproximen oblicuamente no reboten fuera de la superficie del orificio. Si ocurriese esta emisión secundaria, la imagen presentaría un halo en torno de las partes brillantes.

Sony Trinitron adopta un procedimiento diferente con tiras o franjas verticales de color en la pantalla de fósforo. En este caso, la máscara está perforada con ranuras verticales continuas. La máscara de acero es de una superficie cilíndrica expandida entre los miembros superior e inferior de un fuerte bastidor de acero. La máscara está recorrida horizontalmente por cuatro hilos finos para amortiguar cualquier movimiento mecánico de las "cintas" verticales que constituyan la máscara. Si se observa detenidamente una imagen estacionaria tal como la de las barras de color se verán estos hilos finos.

Preguntas de prueba 4-8
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Una máscara de sombra o reguladora tiene aproximadamente 300.000 orificios.
b. La figura 4-14 muestra que la máscara reguladora es algo transparente.
c. La máscara está proyectada para aumentar la emisión secundaria de los electrones.

4-9 Métodos de enmascaramiento del fósforo

Se está procurando continuamente aumentar el brillo y el contraste del tubo de imagen tricolor, para que la imagen no aparezca difuminada por la iluminación ambiente de la habitación en que se contempla la pantalla. La alta tensión de ultor y la tensión de la rejilla-pantalla se han elevado hasta cancelar parcialmente el hecho de que aproximadamente del 70 al 80 % de la corriente del haz es interceptado por la máscara reguladora. Además, los perfeccionamientos en el diseño del cañón han reducido el tamaño de la mancha o punto luminoso, por lo que la densidad del haz es mayor donde inciden los electrones en la pantalla. Todos estos factores crean un blanco más blanco en la imagen reproducida.

Para mejorar el contraste se hace que el negro aparezca más negro. El problema radica en la iluminación ambiente, que limita la aptitud para

suprimir la luz. El método implica la reducción de la reflectividad de la superficie de pantalla de fósforo a la luz ambiente. En un primer sistema se utilizó un panel de vidrio ahumado enfrente de la placa frontal. La luz de la habitación reflejada en la pantalla de fósforo atraviesa dos veces el vidrio y, por tanto, es doblemente atenuada, mientras la luz emitida por los fósforos sólo es atenuada una vez.

Las mejoras más recientes conciernen sólo a la pantalla de fósforo. Las antiguas pantallas de fósforo tenían un color gris pálido, vistas a la luz ambiente y sin imagen en la pantalla. Toda la superficie de fósforo es muy reflectora. Por lo demás, no toda el área del fósforo está iluminada por el haz electrónico. La razón es que el diámetro de cada punto es algo mayor que el diámetro del haz que atraviesa el orificio de la máscara de sombra.

Cuando se hacen los ajustes de incidencia del haz correctamente y se colocan los centros de deflexión en las mismas posiciones relativas que los *tubos faro* utilizados en la producción, los haces iluminan sólo los centros de los puntos, como muestra la figura 4-16 *a*. Obsérvese que hay un margen de espacio para el centrado. Los haces pueden estar descentrados una distancia que corresponde a la *banda de guarda*, sin que los electrones queden fuera de la mancha.

En la figura 4-16*b* la pantalla tiene añadida una máscara negra para las superficies que quedan entre los puntos de fósforo. Así hay un área opaca en la pantalla que no refleja la luz. La máscara se coloca haciendo uso de las mismas técnicas fotográficas que se emplean para situar los puntos de fósforo.

Preguntas de prueba 4-9
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. La luz ambiental hace que el negro aparezca menos intenso en la pantalla.
b. El enmascaramiento opaco del fósforo mejora el contraste haciendo que el negro aparezca más intenso u oscuro.

4-10 Sistemas de proyección de televisión

El método utilizado en los sistemas de proyección de TV es el inverso del que se utiliza en la cámara de color con tres tubos captadores separados.

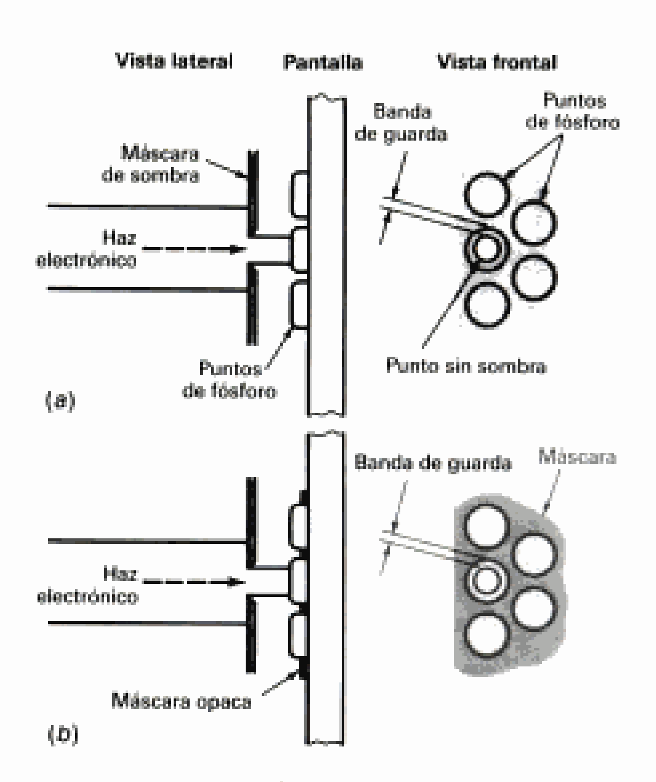


Fig. 4 - 16. Ejemplo de enmascaramiento opaco (negro) del fósforo de la pantalla para aumentar el contraste de la imagen. (a) Puntos de fósforo sin enmascaramiento. (b) Enmascaramiento de la pantalla entre los puntos de fósforo.

Para reproducir la imagen final se registran las imágenes de rojo, verde y azul separadas sobre una pantalla reflectora común. El observador ve las mezclas resultantes de luz como una bella imagen grande de color. Los tamaños de la pantalla son de 2 × 3 y 4 × 5 pies (0,6 × 0,9 y 1,2 × 1,5 m), hasta de 9 × 12 pies (2,7 × 3,7 m), tan grandes como una pantalla de cine.

La ventaja de la proyección es que la imagen es mucho mayor que en los tubos de visión directa. Una imagen grande parece real. Sin embargo, el problema con la proyección de TV es la producción de suficiente brillo. Cuando aumenta el área de la imagen 10 veces, se necesita 10 veces más iluminación para obtener el mismo brillo total. Otro factor es que una imagen más grande sigue teniendo el mismo número de líneas de exploración y la misma resolución máxima con una señal vídeo de 4 MHz. En el sistema de televisión normalizado en EE.UU., las líneas horizontales de exploración son fácilmente visibles. Además, la imagen no aparece tan definida o precisa como en

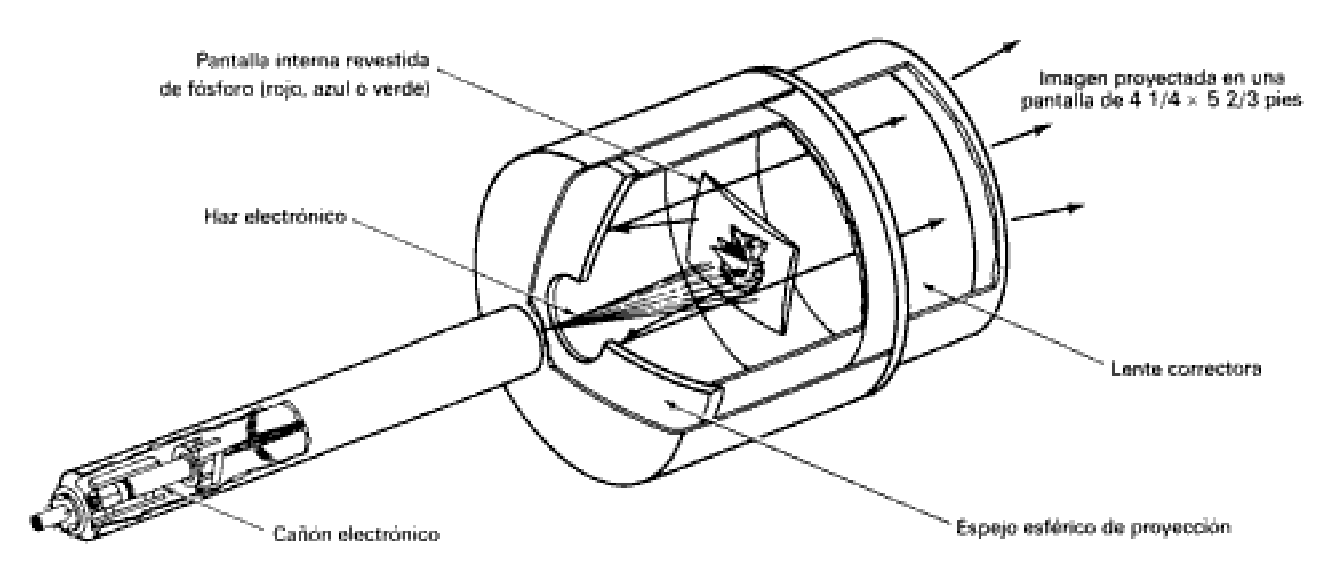


Fig. 4 - 17. Tubo de imagen con guía de luz para el sistema Advent de proyección de TV. (Advent Corporation.)

una pantalla pequeña que contiene el mismo número de detalles y un contraste más fuerte. Ahora se están considerando nuevos sistemas con la televisión por satélite que puedan proporcionar una imagen de muy alta definición (VHD) para los sistemas de proyección. Para los canales especiales de transmisión se proponen más líneas de exploración y un margen más amplio de frecuencia de la señal.

Los sistemas de proyección de TV utilizan tubos de imagen de pequeña pantalla incorporados para producir una salida de luz muy intensa. El tamaño de la pantalla es generalmente de 1 a 5 pulgadas y la alta tensión de ánodo es de 30 a 80 kV. La altura, la anchura y la linealidad en la exploración para la trama son críticas. Cada tubo tiene su propio sistema de deflexión y las tres tramas deben adaptarse precisamente para que la imagen se mantenga en registro en todos los puntos de la pantalla.

Sistema Advent. Un ejemplo interesante de proyección de TV es el sistema Advent. En la figura 4-17 está ilustrado uno de los tres tubos de proyección con los requerimientos generales. La pantalla de fósforo es pequeña y rectangular, pero de superficie esférica dentro de una envolvente relativamente grande que también contiene un espejo esférico para reflejar la imagen óptica desde la pantalla. La pequeña área de la pantalla del tubo de imagen requiere un ángulo de deflexión de sólo 14°, que minimiza los problemas de linealidad de la deflexión. Se utilizan tres de tales tubos, uno para cada color —rojo, verde y azul—, para proyectar la imagen de color en una pantalla de 4 1/4 × 5 2/3 pies (1,3 × 1,7 m).

Sistema óptico Schmidt. Algunos receptores de proyección de TV utilizan este método, que está adaptado de la cámara astronómica Schmidt. Las dos ventajas principales son su alta eficiencia para el máximo brillo y su tamaño relativamente pequeño para que sea compacto. Como se ve en la figura 4-18, la distancia de proyección se duplica

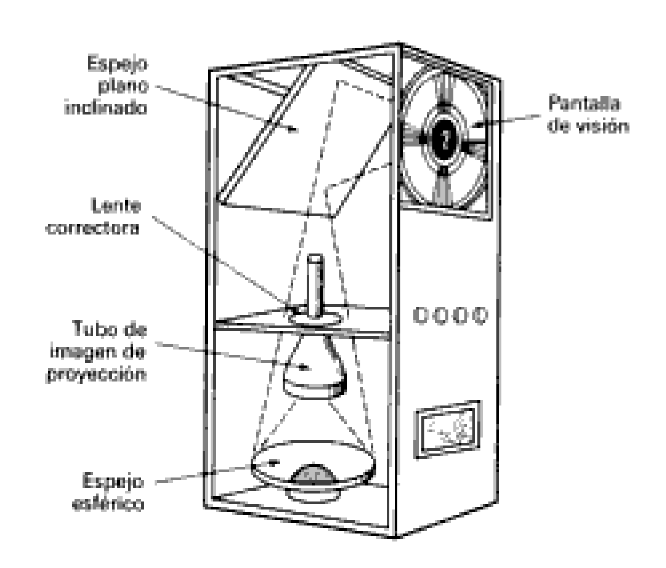


Fig. 4 - 18. Sistema de proyección del tipo Schmidt.

utilizando un espejo esférico en lugar de una lente divergente. La forma esférica refleja una imagen ampliada. Se utiliza una lente correctora para reducir las aberraciones ópticas en los bordes de la imagen.

Preguntas de prueba 4-10
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Una imagen proyectada de TV presenta más detalle que la imagen en un tubo de imagen en visión directa.

b. La tensión anódica normal de los tubos de proyección es de 30 a 80 kV.

4-11 Precauciones con el tubo de imagen

El tubo de imagen es extremadamente peligroso a causa de su envolvente de vidrio grande, en la que se ha practicado el vacío. Una grieta o una pequeña perforación da lugar a una violenta irrupción de aire llamada *implosión*, y la energía cinética del vidrio fracturado produce una subsiguiente explosión. Siempre se deberán proteger los ojos con gafas o careta cuando se manipula un tubo de imagen. Además habrá que ponerse guantes para asirlo con seguridad.

Con aparatos de pantalla grande, el tubo de imagen puede ser extremadamente pesado y difícil de manejar. En este caso, lo mejor es poner el aparato invertido con la cara descansando sobre una alfombra y subir o bajar el tubo de imagen verticalmente hasta colocarlo en su sitio. Nunca se debe coger el tubo de imagen por su cuello. Éste es delicado y hay que asegurarse de que no choque con la caja ni con cualquier parte del chasis mientras se instala o se saca el tubo de imagen.

Precauciones con la alta tensión. El dieléctrico de vidrio para la capacidad del ánodo del tubo de imagen tiene la característica de fuga extremadamente baja. Fuera del aparato, el ánodo puede retener una carga de varios millares de voltios durante un período de semanas. Un contacto accidental con el botón de ultor de un tubo de imagen cargado puede dar lugar a una conmoción o shock eléctrico peligroso, y la reacción personal es dejar caer el tubo con consecuencias desastrosas.

Hay que descargar siempre el tubo de imagen antes de sacarlo, para lo cual, con un conductor terminado en clips y perfectamente aislado, se conecta la masa del chasis con la hoja metálica de un destornillador provisto de mango de plástico. Luego, siempre cogiendo por el mango el destornillador, se toca con su punta el botón del ultor por debajo del capuchón de caucho del conector de alta tensión. Cuando el tubo se descarga, se oirá un chasquido.

No confiar en los tubos de imagen que hayan estado almacenados temporalmente fuera del receptor. Descargar también el revestimiento de Aquadag haciendo uso del conductor con clips y el destornillador.

Radiación X. Los rayos X son una radiación invisible con longitudes de onda mucho más cortas que las de la luz visible. La exposición prolongada a los rayos X puede ser nociva. Los rayos X se producen cuando es bombardeado un ánodo por electrones de alta velocidad, generalmente con una tensión de ánodo más alta de 16 kV.

Los tubos de imagen en color con tensión anódica de 20 a 30 kV pueden producir rayos X blandos. Esta radiación es más fácil de apantallar que los rayos X duros que son producidos con tensiones mucho más altas, de hasta 100 kV. En general, como protección contra la penetración de rayos X se emplean planchas de plomo y de vidrio revestido de plomo. Para los rayos X blandos se puede obtener alguna atenuación con protecciones de madera, cartón, papel prensado, metales y vidrio.

Las fuentes principales de rayos X en un receptor de TV son el tubo de imagen (especialmente por la máscara reguladora metálica) y el tubo rectificador de alta tensión, si se utiliza. Sin embargo, cuando se emplean dispositivos de estado sólido para la fuente de alimentación de alta tensión, éstos no producen rayos X. La designación del tipo de los tubos de imagen con placa frontal mejorada para el apantallamiento de los rayos X puede tener la letra V o el prefijo XR. Hay que asegurarse siempre de que se utiliza un recambio exacto del tubo, de modo que en un aparato que requiera un tubo con placa frontal de vidrio de plomo no se utilice un TRC de vidrio convencional.

Los receptores de televisión están proyectados para limitar el nivel de rayos X por debajo del valor prescrito por la autoridad competente (en EE.UU. Department of Health, Education and Welfare). El límite es 0,5 miliroentgen por hora (mR/h) medido en un punto distanciado 2 pulgadas (51 mm) de cualquier superficie del receptor. Esta dosis es extremadamente pequeña, apenas superior al nivel normal.

Circuito limitador de AT. Para la protección contra la radiación de rayos X de los tubos de imagen en color el problema principal consiste en no permitir que la tensión de ánodo exceda del valor recomendado. El receptor no debe ser capaz de producir una imagen visible cuando la alta tensión excede de un límite especificado. En uno de los métodos se corta o interrumpe la alta tensión, con lo que desaparece el brillo. En otro método se aumenta la frecuencia de barrido horizontal. Este efecto hace que la imagen quede sin sincronismo horizontal y reduce la alta tensión. Cualquiera de estos sistemas se basa en un circuito que limita la alta tensión. En la figura 16-27 está representado un circuito limitador de AT.

Preguntas de prueba 4-11
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Cuando se está descargando el tubo de imagen, primero debe ser conectado el clip del extremo de masa del conductor.
b. Los circuitos limitadores de AT limitan la cantidad de saturación de color.

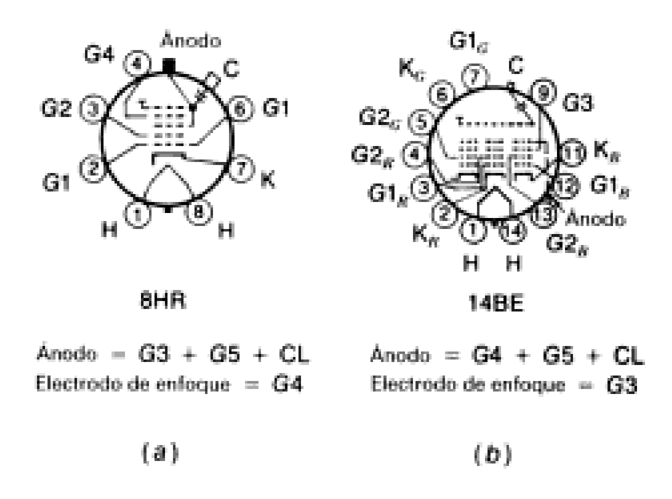
4-12 Problemas con los tubos de imagen

Una causa natural y eventual de que falle el tubo de imagen es la pérdida de emisión en el cátodo. El resultado es una imagen tenue. En un televisor en color, el desequilibrio de la escala de grises indica que el cañón está débil. Por ejemplo, una imagen de color ciano es indicio de cañón de rojo débil. Recuérdese que la adición de ciano y rojo produce el blanco.

Aunque las averías del circuito de vídeo pueden ser causa de síntomas similares, el tubo de imagen da algunas claves más. Primero, en casos de emisión baja, el cátodo débil tarda más tiempo en calentarse hasta producir emisión, por poca que sea. Un tubo que tarde media hora en dar una imagen razonable está definitivamente mal.

Segundo, la imagen se inicia en color ciano, en lugar de blanco y negro, pero gradualmente se equilibra hasta producir una escala neutra de grises al cabo de 20 a 30 minutos. Se puede crear una imagen monocromática retrocediendo el control de color. Un largo tiempo de calentamiento para conseguir el equilibrio de blanco y gris es un síntoma inequívoco de emisión débil del cañón de rojo. También una escala de grises no equilibrada es resultado de una emisión débil de los cañones de verde o de azul.

Una tercera clave para emisión baja es la limitación de saturación de la corriente del haz. El cátodo débil no puede suministrar suficientes electrones para las áreas de altas luces de la imagen. Cuando se avanza cualquiera de los controles de brillo o de contraste, los blancos aparecen desvanecidos. Los rostros se hacen inexpresivos sin rasgos y aparece una imagen plateada. Este efecto se muestra en la lámina de color XIII correspondiente al caso de emisión débil y saturación



Patilla 1: Calefactor
Patilla 2: Cátodo del cañón de rojo
Patilla 3: Rejilla n.º 1 del cañón de rojo
Patilla 4: Rejilla n.º 2 del cañón de rojo
Patilla 5: Rejilla n.º 2 del cañón de verde
Patilla 6: Cátodo del cañón de verde
Patilla 7: Rejilla n.º 1 del cañón de verde
Patilla 9: Rejilla n.º 3
Patilla 11: Cátodo del cañón de azul
Patilla 12: Rejilla n.º 1 del cañón de azul
Patilla 13: Rejilla n.º 2 del cañón de azul
Patilla 14: Calefactor
C: Revestimiento conductor externo
CL: Colector (revestimiento de la pared del ánodo)
Capuchón del ánodo: Ánodo (Rejilla n.º 4, pantalla, colector).

(c)

Fig. 4 - 19. Ejemplos de conexiones con patillas de base para tubos de imagen. (a) Base de 8 patillas 8HR para tubos monocromáticos. (b) Base de 14 patillas 14BE para tubos de color con cañones en delta. (c) Lista de los electrodos para la base 14BE.

limitada en el cañón de rojo. Es necesario poner fuera de funcionamiento a los otros dos cañones para ver sólo la imagen producida por el cañón sospechoso.

Cuando se sustituye un tubo de imagen se puede utilizar un tubo nuevo o uno reparado. El tubo reparado cuesta menos porque se aprovecha la envolvente antigua de vidrio, pero sus partes internas son todas nuevas. Para algunos tipos de blanco y negro se debe utilizar un tubo reparado porque no se encuentra otro nuevo que lo sustituya.

La figura 4-19 ilustra dos ejemplos de zócalos de tubo de imagen. Las patillas de los calefactores son la 1 y la 8 en la figura 4-19*a* y las patillas 1 y 14 en la figura 4-19*b*. La chaveta para insertar el zócalo está entre las patillas extremas.

Restauración del tubo de imagen. Algunas veces se puede restablecer alguna emisión sobrecalentando el cátodo y aplicando a la rejilla un potencial positivo para que se desprendan los contaminantes de la superficie del cátodo. La unidad representada en la figura 4-20 está destinada a este propósito. Sirve para probar los cañones y para el proceso de restauración de la emisión del cátodo. El método puede forzar algo al tubo, pero de todos modos, si la emisión es débil habría que reemplazarlo. También se podría utilizar el reactivador para hacer desaparecer los cortocircuitos entre electrodos en el sistema de cañones.



Fig. 4 - 20. Probador y reactivador de TRC. (Edtron Instruments, Inc.)

Cortocircuito entre rejilla y cátodo. Un cortocircuito entre el cátodo y la rejilla de control *G*1 es una avería común. La consecuencia es que no hay imagen, pero sí trama brillante y el control de brillo no tiene efecto. La razón de que haya trama brillante es que el cortocircuito reduce a cero la polarización del tubo de imagen.

En algunos casos, la corriente del haz es tan intensa que la fuente de alta tensión puede resultar excesivamente cargada. El síntoma es ausencia de trama, con poca o ninguna alta tensión. Sin embargo, volverá a haber alta tensión si se desconecta el conductor del ultor del tubo de imagen.

Cortocircuito calefactor-cátodo. Este cortocircuito también reduce la tensión de polarización hasta anularla en el cañón afectado. La tensión de polarización es derivada a masa a través del circuito de calefactor.

Arco interno. El arco interno entre los electrodos del tubo de imagen se puede ver y oír. A menudo pueden ser deteriorados los transistores amplificadores asociados por los arcos de alta tensión en el tubo de imagen. Para la protección, se utilizan generalmente lámparas de neón y descargadores en los circuitos que alimentan el cátodo del tubo de imagen, *G*1, *G*2 y *G*3.

En algunos circuitos se aplica una tensión c.c. de polarización al calefactor para mantener su potencial próximo a la tensión de cátodo. La finalidad es minimizar el arco entre el cátodo y el calefactor.

En un tubo nuevo de imagen se puede ver el arco algunas veces después de ser instalado, especialmente si hay un cambio de temperatura. Sin embargo, si persiste el arco interno habrá que reemplazar el tubo de imagen.

Gasificación y pérdida del grado de vacío. Una grieta en el sello o cierre hermético de la envolvente puede dar lugar a una pérdida de vacío que se manifiesta por síntomas muy sutiles. Cuando la cantidad de aire que entra es muy pequeña, aparece un destello purpúreo alrededor de los electrodos del cañón electrónico.

La pérdida completa de vacío a consecuencia de una *lenta* fuga produce la condición de ausencia de trama. El televisor se puede comportar

como si no tuviese alta tensión. La razón es que la fuente de alta tensión tiene una corriente de carga excesiva, hasta que falla. Cuando se repara la fuente de alta tensión se vuelve a reproducir la avería, a no ser que se cambie el tubo de imagen.

El síntoma es que los calefactores absorben corriente de filamento pero no brillan visiblemente. Para asegurarse hay que verificar la fuente de alta tensión estando el tubo de imagen desconectado. Si cuando se conecta el tubo de imagen disminuye la alta tensión, se puede sospechar que la causa de la avería es la fuente de alimentación de alta tensión.

Calefactor en circuito abierto. El resultado de circuito abierto en un calefactor es la ausencia de brillo y de trama. Se puede comprobar que es ésta la causa de la avería mirando la base del cañón dentro del cuello de vidrio y observando si se enciende el filamento. En la mayoría de tubos de imagen en color de tres cañones, los tres calefactores están conectados en serie. Entonces un circuito abierto en uno de los calefactores hace que no se encienda ninguno de los tres. No obstante, esta no es una avería que suela ocurrir en los tubos de imagen.

Quemado de la pantalla. El fósforo cambia gradualmente con el uso. Entonces la pantalla toma un color marrón. Como el descoloramiento está distribuido uniformemente, raramente se nota. Generalmente antes de que se produzca el quemado de la pantalla suelen ocurrir otras averías que requieren sustituir el tubo de imagen. Sin embargo, en algunas aplicaciones del estudio en que se mantienen diariamente en la pantalla durante algunos períodos una sola carta de ajuste, tal como la de barras de color, el quemado de la pantalla se puede apreciar porque siempre aparece una imagen débil aunque se reciban otras señales. Para este problema no hay otro remedio que la sustitución del tubo.

Mancha luminosa continua. Esta mancha o punto luminoso permanece en el centro de la pantalla durante algunos segundos después de desconectado el receptor. Esta *luminiscencia residual* se produce porque la tensión del ultor se mantiene en la capacidad del filtro del ánodo. Esta mancha no deteriora normalmente la pantalla porque permanece poco tiempo. Una manera de eliminar la luminiscencia residual es avanzar el control de brillo para que la corriente del haz sea máxima antes de desconectar el receptor. Entonces se puede descargar rápidamente la alta tensión.

Preguntas de prueba 4-12
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. La emisión débil del cátodo del cañón electrónico limita la saturación y aparece una imagen gris plateada donde debía aparecer blanca.
b. Ausencia de imagen con trama blanca brillante y de control de brillo de la trama pueden indicar cortocircuito entre el cátodo y la rejilla de control del tubo de imagen.
c. Una imagen monocromática marrón amarillenta que lentamente pasa a gris neutro indica emisión débil del cañón azul.

RESUMEN

1. El tubo de imagen es un TRC que contiene un cañón electrónico, el cual produce un haz de electrones acelerados que inciden en una pantalla fluorescente que emite luz. Los tubos monocromáticos de imagen tienen un cañón electrónico en pantalla de fósforo blanco. Los tubos de imagen en color tienen tres cañones para los fósforos rojo, verde y azul.
2. En el tubo de imagen se aplica la alta tensión al ánodo, o ultor, para obtener suficiente brillo. La tensión de c.c. positiva es normalmente de 25 kV en un tubo de imagen en color de 19 pulgadas y de 10 kV en un tubo monocromático de 12 pulgadas. La conexión de ánodo se hace en una cavidad de la campana o envolvente de vidrio.
3. El enfoque del haz electrónico produce un punto o mancha luminosa bien definida. Los tubos de imagen utilizan enfoque electrostático.

4. El haz electrónico es deflectado o desviado horizontal y verticalmente para cubrir toda el área de la pantalla. Para los tubos de imagen se utilizan deflexión magnética.
5. Para el centrado se utiliza un anillo de imán permanente colocado en el cuello del tubo.
6. En un número de tipo tal como 19VDCP22, los primeros dígitos indican la longitud de la diagonal — 19 pulgadas— y P22 es el número de fósforo. La tensión del calefactor no está indicada, pero ordinariamente es 6,3 V. Las dos patillas extremas de la base del tubo corresponden generalmente al calefactor.
7. Los fósforos de pantalla más comunes son P1 para el verde, P4 para el blanco y P22 para rojo, verde y azul en los tubos de imagen en color.
8. Los tubos de imagen tienen dos revestimientos o capas conductoras negras de Aquadag. Una está en el interior para el ánodo. La otra está en la campana de la envolvente de vidrio y conectada a la masa del chasis para el apantallamiento.
9. El ángulo de deflexión de un tubo de imagen es el ángulo total que puede desviarse el haz sin tocar la superficie lateral de la envolvente. El ángulo de deflexión del yugo debe estar adaptado al del tubo.
10. Los tubos de imagen en color tienen una pantalla con los fósforos rojo, verde y azul dispuestos en tríadas de puntos o tiras verticales. Cada uno de los tres haces electrónicos es utilizado para su color correspondiente.
11. La máscara de sombra o reguladora contigua a la pantalla tricolor tiene aberturas que permiten a cada haz excitar su color correspondiente, mientras bloquea los electrones cuya trayectoria no sea correcta. Una máscara con tríadas de puntos tiene aproximadamente 300.000 orificios.
12. Con los ajustes de convergencia se consigue que los tres haces electrónicos exciten los colores correctos en la pantalla. La convergencia incorrecta se evidencia por franjas de color en la imagen en los bordes de los objetos.
13. El ajuste de incidencia de los haces, o de pureza del color, hace que los haces incidan en el centro de cada punto o línea de fósforo, sin contaminación de los otros colores. La deficiencia de la pureza de color se manifiesta por zonas de color en una trama blanca.
14. Alrededor de los puntos de fósforo se utiliza un enmascaramiento de negro para que el negro sea más intenso y mejorar el contraste en la imagen.
15. Los sistemas de proyección de TV utilizan tubos de imagen de pequeña pantalla que producen una salida intensa de luz para la proyección óptica. La alta tensión del ánodo es de 30 a 80 kV. El problema principal es la producción del suficiente brillo en la imagen ampliada.
16. Los tubos de imagen deben ser manejados con un extremado cuidado a causa del peligro de implosión.
17. Los tubos de imagen con una tensión anódica de 20 a 30 kV pueden emitir rayos X. El plomo y el vidrio revestido de plomo proporcionan la mejor protección. En la designación del tipo las letras XR o V indican una placa frontal de vidrio de acción mejorada contra los rayos X.
18. La emisión débil de un cátodo en un tubo de imagen tricolor produce una imagen débil, un largo tiempo de calentamiento y un desequilibrio de color en la trama y en la imagen.

AUTOEXAMEN

Respuestas al final del libro

Contestar verdadero o falso

1. El 19VBLP22 es un tubo de imagen en color con pantalla de 19 pulgadas.
2. La tensión normal de calefactor de los tubos de imagen es 19 V.
3. La tensión anódica de un tubo de imagen en color de 25 pulgadas es ordinariamente de 25 a 30 kV.
4. Cuando la trama está inclinada se la puede enderezar girando el yugo de deflexión.
5. El imán de centrado es un imán permanente ajustable.
6. La tensión normal de enfoque de una lente Einzel es de 5 kV.
7. El revestimiento exterior de la pared de un tubo de imagen forma una "placa" de la capacidad anódica.
8. Una pantalla aluminizada no necesita imán trampa de iones.
9. La máscara de sombra o reguladora de un tubo de imagen en color forma parte del cañón electrónico.
10. El plomo y el vidrio revestido de plomo se utilizan como protección contra los rayos X.
11. El tubo de imagen es un tubo de vacío.
12. El yugo de deflexión tiene cuatro bobinas agrupadas en dos pares para las exploraciones horizontal y vertical.
13. Un tubo de imagen con ángulo de deflexión de 110° necesita un yugo con ángulo de 70°.
14. La conexión de ánodo se hace ordinariamente en las patillas extremas de la base del tubo.
15. Un cortocircuito entre cátodo y calefactor en un cañón es causa generalmente de imagen débil.

PREGUNTAS DE ENSAYO

1. Exponer un ejemplo de un número de tipo de tubo de imagen en color y explicar lo que significan los números y las letras.
2. ¿Qué funciones realizan las siguientes partes de un cañón electrónico? Calefactor, cátodo, rejilla de control ($G1$), rejilla pantalla ($G2$) y rejilla de enfoque.
3. ¿Cuáles son las funciones de la pantalla de fósforo y de la máscara reguladora o de sombra en un tubo de imagen en color?
4. Describir dos tipos de pantallas de fósforo de tubos de imagen en color.
5. ¿Cómo se aplica la alta tensión de ánodo o ultor para acelerar el haz electrónico hasta la pantalla?
6. Definir ángulo de deflexión, punto de cruce y luminiscencia residual de un tubo de imagen.
7. ¿Qué diferencia hay entre enfoque magnético y enfoque electrostático?
8. Enumerar dos métodos de enfoque electrostático.

9. ¿Qué diferencia hay entre deflexión magnética y deflexión electrostática?
10. Mencionar algunas aplicaciones de los fósforos P1, P4 y P22.
11. Explicar brevemente la finalidad de los ajustes de convergencia y de pureza de color en un tubo de imagen en color.
12. Describir brevemente una disposición que se adopta para la televisión de proyección. ¿Por qué es el brillo el problema principal?
13. Comparar los tipos en delta y en línea de cañones electrónicos de los tubos de imagen en color.
14. ¿Por qué retiene el ánodo su alta tensión después de desconectado el televisor?
15. ¿Cómo se corrigen los defectos de (*a*) trama inclinada y (*b*) trama descentrada?
16. ¿Qué dos precauciones se deben adoptar cuando se instala un tubo de imagen?
17. ¿Qué significa *sombra de cuello*?
18. Enumerar dos diferencias entre los tubos de imagen en color Sony Trinitron y de cañones en delta.
19. ¿Cuáles son dos posibles causas de ausencia de brillo en la pantalla del tubo de imagen?
20. ¿Qué significa *enmascaramiento del fósforo*? ¿Por qué mejora el contraste de la imagen?
21. Enumerar dos síntomas de emisión débil de cátodo.
22. Nombrar dos problemas que se presentan con los tubos de imagen que no sean los de emisión débil.

PREGUNTAS ESPECIALES

1. ¿Qué diferencias hay entre implosión y explosión?
2. Explicar cómo se prueba si el calefactor de un tubo de imagen está en circuito abierto.
3. Enumerar una ventaja y una desventaja de la televisión de proyección.
4. Enumerar por lo menos tres diferencias entre un tubo de imagen y un altavoz y una analogía entre ellos.

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE PRUEBA

4-1 **a.** 19 pulgadas
b. 90°
c. 6,3 V

4-2 **a.** 30 kV
b. 2000 pF
c. F (falso)

4-3 **a.** P4 y P22
b. V (verdadero)
c. Verde

4-4 **a.** Rejilla de control *G*1
b. Ultor, o ánodo
c. Ultor, o ánodo

4-5 **a.** La primera
b. Enfoque de baja tensión
c. V

4-6 **a.** Distorsión en cojín
b. Exploración *H*
c. V
d. Demasiado retrasado

4-7 **a.** V
b. F
c. V
d. V

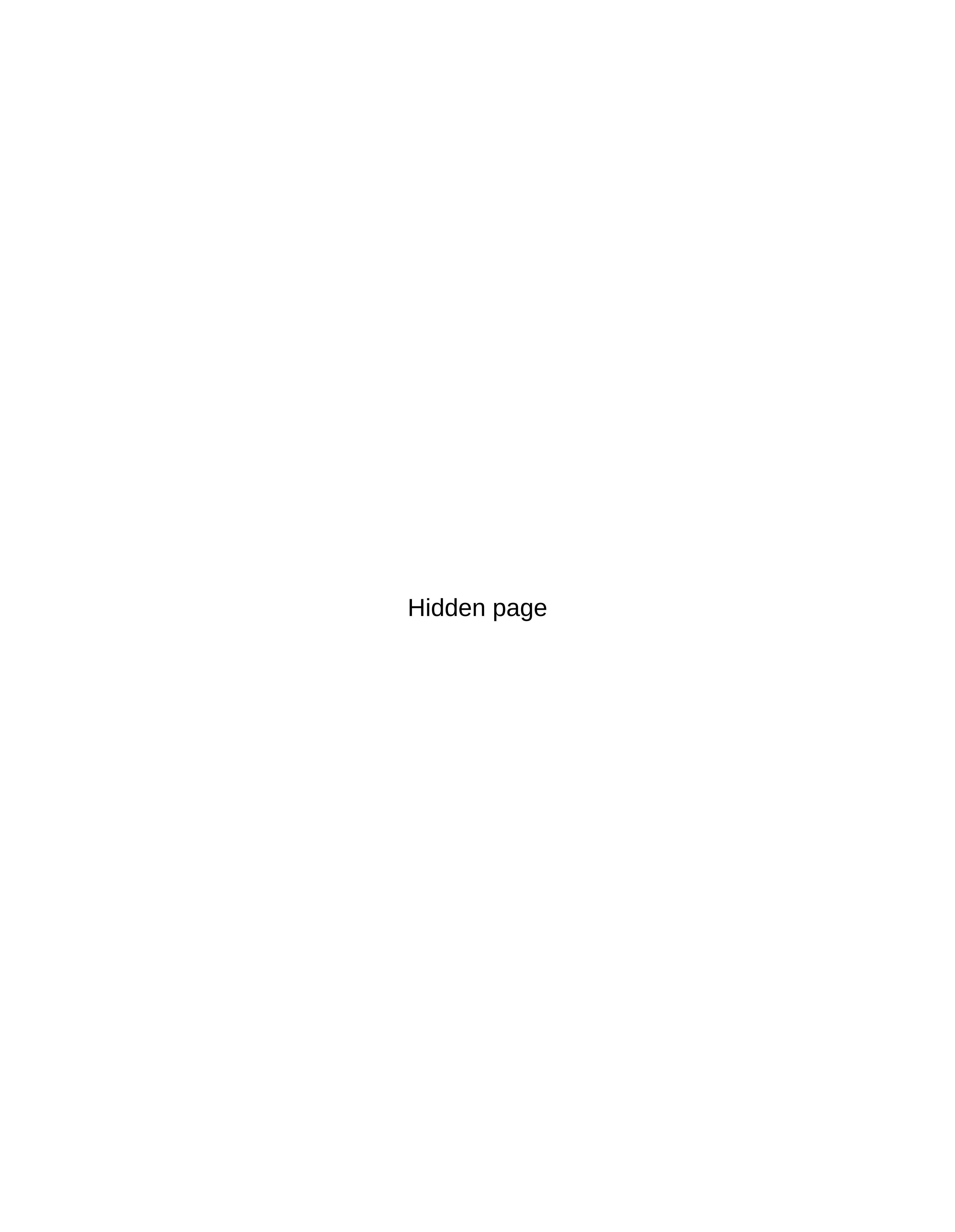
4-8 **a.** V
b. V
c. F

4-9 **a.** V
b. V

4-10 **a.** F
b. V

4-11 **a.** V
b. F

4-12 **a.** V
b. V
c. V


Hidden page

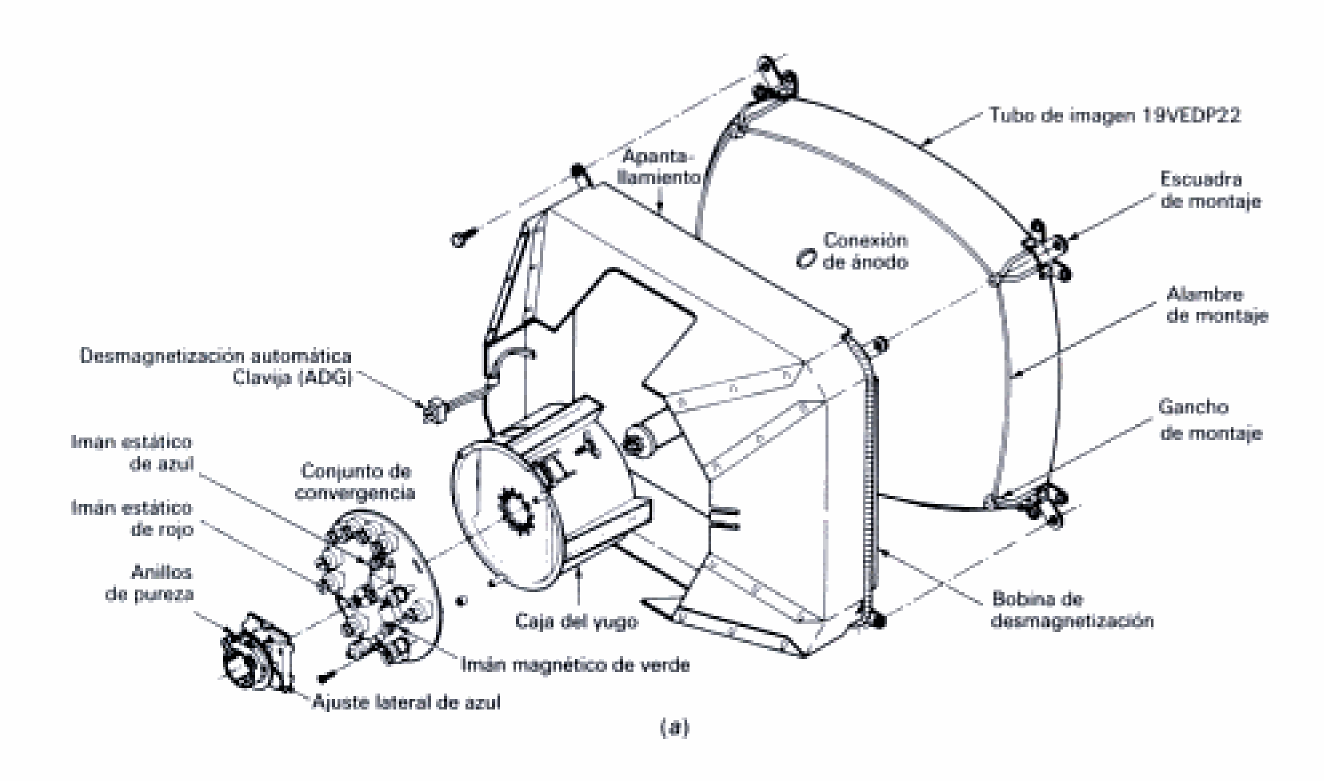
5

Ajustes de puesta a punto para los tubos de imagen en color

La figura 5-1*a* muestra un conjunto de montaje típico para un tubo de imagen en color en la caja del receptor. Este ejemplo corresponde a un tubo de cañón en delta con pantalla de puntos de fósforo. Los componentes magnéticos externos en el cuello del tubo tienen que estar ajustados para la puesta a punto del tubo de imagen. Están incluidos el yugo de deflexión apoyado contra el ensanchamiento de la campaña de vidrio; el conjunto del imán de convergencia para rojo, verde y azul; y los anillos magnéticos de pureza de color. Todos estos componentes están ajustados para la pureza y la convergencia correctas del color. La figura 5-1*b* muestra un ejemplo de cañones en línea.

También está representada una protección de apantallamiento magnético externo con una bobina de desmagnetización arrollada. Esta protección reduce el efecto del campo magnético terrestre sobre los haces electrónicos. La bobina de desmagnetización se utiliza para desmagnetizar los elementos de acero del tubo de imagen, particularmente la máscara de sombra o reguladora. En las secciones siguientes se explican más detalles de los ajustes necesarios para el funcionamiento correcto de los tubos de imagen:

5-1 Ajustes de incidencia de los haces para la pureza del color
5-2 Desmagnetización de los tubos de imagen en color
5-3 Ajustes de convergencia
5-4 Convergencia estática
5-5 Convergencia dinámica
5-6 Corrección anticojín
5-7 Excitación de la señal vídeo
5-8 Gradación de la escala de grises
5-9 Ajustes globales de puesta a punto



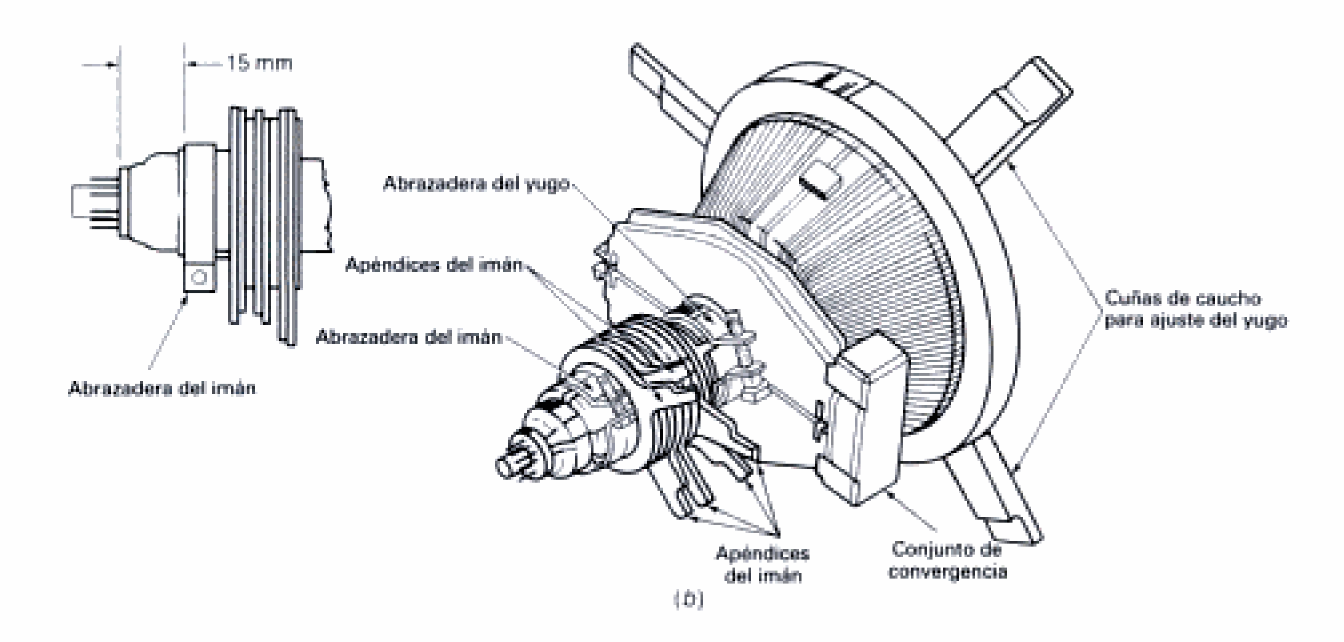


Fig. 5 - 1. Conjunto de montaje de tubos de imagen en color. (a) Tubo con cañones en delta y tríadas de puntos de fósforo. (b) Conjunto para tubo con cañones en línea.

5-1 Ajustes de incidencia de los haces para la pureza del color

Los ajustes de incidencia de los haces se hacen para situar los centros de deflexión de los tres haces electrónicos en los puntos precisos utilizados para los tubos de tipo faro (véase sección 4-7) en el proceso de fabricación del tubo de imagen. Cuando la incidencia de los haces es correcta, los electrones del cañón designado rojo inciden solamente en el fósforo rojo, por ejemplo, para el rojo primario. Estando polarizados los otros dos cañones para que no funcionen, se verá una trama roja pura. No hay contaminación o mezcla de los otros colores en cualquier punto de la pantalla. Téngase en cuenta que los términos *cañón rojo*, *cañón verde* y *cañón azul* solamente son para su identificación o indicación. Todos los cañones tienen el mismo aspecto y todos los electrones son iguales, sin color alguno. La designación *cañón rojo* sólo identifica el cañón electrónico que produce luz reflejada en el fósforo rojo de la pantalla.

Cuando los ajustes de pureza de color son correctos, activando los cañones rojo, verde y azul sucesivamente se producirán tramas puras, roja, verde y azul. Con los tres cañones activados y las corrientes de los haces equilibradas correctamente, la trama es de un blanco neutro uniforme.

El ajuste correcto de incidencia de los haces comprende dos operaciones básicas: mover el imán de pureza de color y mover el yugo de deflexión.

1. Los haces electrónicos se orientan o apuntan por el imán de pureza de color. Este imán está montado detrás del yugo hacia el zócalo del tubo. El campo magnético de los anillos actúa como control de centrado, por lo que los tres haces pueden ser apuntados hacia sus centros correctos de deflexión.
2. Se mueve el yugo de deflexión a lo largo del eje del tubo para situar los centros de deflexión a la distancia correcta de la máscara de sombra o reguladora.

Obsérvese que será difícil, y acaso imposible, obtener la buena pureza del color a no ser que la convergencia estática sea aproximadamente correcta y que el tubo de imagen esté desmagnetizado.

Desactivación de los cañones. Cuando se efectúan los ajustes de pureza de color, sólo está activado un cañón, generalmente el rojo. Para desactivar los otros dos cañones provisionalmente, consultar el manual de servicio, ya que se emplean diferentes métodos.

Si hay previstos controles de tensión de rejilla pantalla separados para cada cañón, se les puede utilizar para desactivar los cañones. Sin la tensión de $G2$ el cañón no produce corriente de haz.

En los receptores antiguos se podían utilizar conmutadores supresores de color con los que estaban equipados algunos generadores de barras de color. Estos conmutadores polarizaban la rejilla de control para suprimir la corriente del haz, pero éstos ya no se usan en los receptores modernos en que las conexiones de $G1$ son comunes para los tres cañones.

Algunos receptores tienen conectores de clavija separados para los tres terminales de cátodo. Se puede abrir un conector para desactivar el cañón electrónico.

Algunos generadores de barras de color modernos proveen señales de trama de blanco para los tres colores primarios. Éstos se pueden utilizar con cualquier receptor.

Centrado de la mancha roja. A menudo se utiliza el color rojo para hacer el ajuste inicial de pureza de color. La razón es que el rojo es el fósforo menos eficiente y requiere una corriente de haz mucho mayor para equilibrarlo con la salida de azul y verde. Así un error en el rojo se manifestará mucho más rápidamente a causa de que la corriente del haz es más intensa. Sin embargo, hoy día el fabricante puede recomendar el verde o el azul para los ajustes de pureza de color. Con los cañones en línea, la elección lógica es ordinariamente el verde para el haz utilizado en el centrado.

Para minimizar los ajustes de tanteo entre los del imán de pureza y el yugo, primero se coloca el yugo en su posición extrema y luego se le empuja hacia adelante hasta que se apoye en la campana del tubo o bien hacia atrás hasta el zócalo. A menudo hay aberturas ranuradas en los lados de la caja de plástico del yugo con tuercas de aletas en los espárragos salientes. Dentro de la caja se puede mover el yugo a lo largo de las ranuras. Se debe aflojar una abrazadera para deslizar el yugo atrás o adelante.

Un error en la posición del yugo crea grandes errores por la incidencia de los haces en los bordes de la pantalla. Sin embargo, en el centro, en que la corriente de deflexión tiende a anularse, no es afectada la incidencia de los haces por la posición del yugo. Por tanto, sólo habrá que observar el centro de la pantalla durante esta parte del ajuste. Debe aparecer una mancha roja cerca del centro de la pantalla, como se ve en la lámina de

color III. La mancha es aproximadamente circular. Después se ajusta en el cuello el imán de pureza de color para acercar la mancha roja al centro de la pantalla.

El conjunto de pureza de color tiene dos anillos magnéticos, que pueden ser girados con los apéndices representados en la figura 5-2, para centrar los tres haces. Cuando se juntan los tres apéndices no hay campo magnético resultante para variar la posición del haz. Separando los apéndices se produce un más campo intenso que ejerce el mayor efecto en el posicionado de los haces. Se puede girar uno cualquiera de los anillos o ambos para subir, bajar o mover diagonalmente los haces.

Los anillos magnéticos de pureza de color se ajustan para desplazar la mancha roja hasta el centro preciso de la pantalla. Este procedimiento de ajuste de la incidencia de los haces es independiente de la posición del yugo.

Reajuste de la posición del yugo. Esta operación es el ajuste final para la pureza de color. Se mueve el yugo en sentido opuesto al que produjo intencionadamente un mal ajuste. Se localiza la posición en que la mancha se extiende llenando la pantalla uniformemente con un color. Luego se verifica la pureza de color para los otros dos activando los cañones, uno cada vez. Ordinariamente, cuando la pureza de rojo es buena, la pureza de los otros dos colores es aún mejor. Después se pueden apretar todas las abrazaderas para mantener los ajustes en su posición correcta.

Obsérvese que muchos tipos de tubos de imagen en línea tienen un yugo de deflexión especial que forma parte del conjunto de convergencia. Estos ajustes se explican en la sección 5-3.

Verificación de la pureza del color con franjas o tiras de color. Los ajustes de pureza de color son básicamente los mismos para todos los tubos de imagen tricolor, pero las observaciones pueden ser diferentes. Por ejemplo, en el Sony Trinitron hay poco error en la incidencia de los haces en dirección vertical, ya que las ranuras y las tiras son continuas de arriba abajo. Un error vertical en la incidencia del haz puede situar todavía el haz sin sombra en la misma tira, pero un poco más alto o más bajo. Luego cuando se desplaza el yugo de deflexión, aparece una barra vertical central del color primario seleccionado, en lugar de la mancha circular. A continuación se ajusta el imán de pureza para centrar la barra, a la izquierda o a la derecha. La lámina de color IV muestra este ajuste para verde.

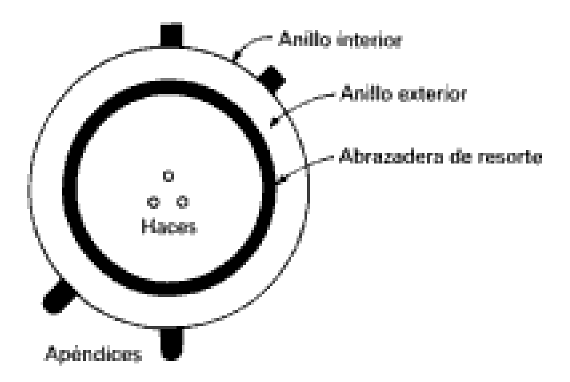


Fig. 5 - 2. Construcción del imán de pureza de color.

Resumen de los ajustes de pureza de color. En suma, hay dos operaciones bien definidas:

1. Con el yugo de deflexión demasiado retrasado o demasiado adelantado, girar el imán de pureza para centrar la mancha roja en la pantalla.
2. Poner el yugo en la posición en que la mancha roja llene uniformemente la pantalla en toda la superficie.

Este procedimiento se aplica igualmente al caso de pureza de rojo con pantalla de puntos de fósforo.

Preguntas de prueba 5-1
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. El imán de pureza de color sirve para el ajuste de centrado.
b. Los ajustes de pureza de color y de incidencia del haz son lo mismo.
c. El imán de pureza de color mueve solamente al haz rojo.
d. La pureza de color se ajusta para la trama de un solo color cada vez.

5-2 Desmagnetización de los tubos de imagen en color

En inglés *degaussing* significa "desmagnetización". Su nombre deriva de la unidad gauss, que mide la densidad del flujo. La finalidad de la desmagnetización es extraer el flujo magnético de los metales que han sido magnetizados. En los

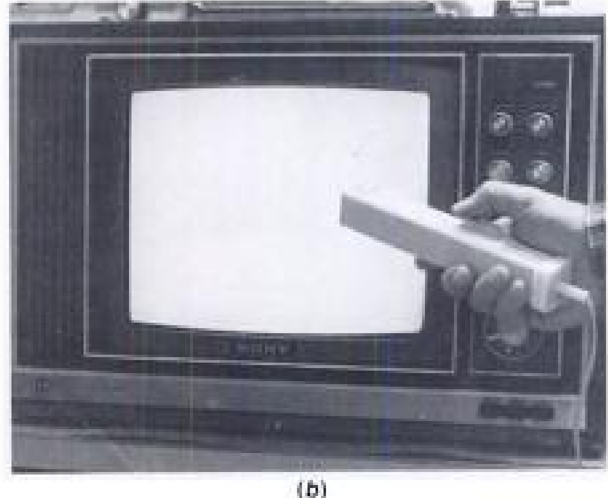
televisores en color, el chasis y los soportes de acero, el bastidor interior que soporta la máscara de sombra y la propia máscara están todos sometidos a magnetismo inducido. Estos campos magnéticos locales pueden afectar a la trayectoria de los electrones en el tubo de imagen, produciendo errores en la incidencia de los haces, con el resultado de contaminación de la pureza de color. Por esta razón, los altavoces, juguetes y otros dispositivos que contienen imanes deben estar siempre separados de un receptor de TV en color. Sin embargo, es inevitable un campo de imán permanente (PM), el campo magnético terrestre en el cual estamos inmersos. El magnetismo terrestre es la principal razón por lo que es necesaria la desmagnetización de los tubos de imagen en color.

Con un tubo de imagen monocromático la magnetización no constituye un problema. En los tubos de color, la magnetización afecta a la pureza y la convergencia del color de los tres haces electrónicos. Antes de hacer estos ajustes debe ser desmagnetizado manualmente el receptor utilizando el tipo de bobina representado en la figura 5-3. En la técnica de desmagnetización, se produce un campo intenso de c.a. por la corriente de la red de 50/60 Hz. En general, lo fundamental es proveer un campo magnético variable que tenga un valor medio nulo y luego suprimir lentamente el campo.

Los requisitos para la desmagnetización son normalmente una corriente de 2 A que circule por 450 espiras de hilo del número 20, con un diámetro de bobina de 12 pulgadas (305 mm), como en la figura 5-3*a*. Esta bobina produce una fuerza magnetomotriz de 900 amperiovueltas. El tipo representado en la figura 5-3*b* produce un campo más intenso, pero más concentrado.



(*a*)



(*b*)

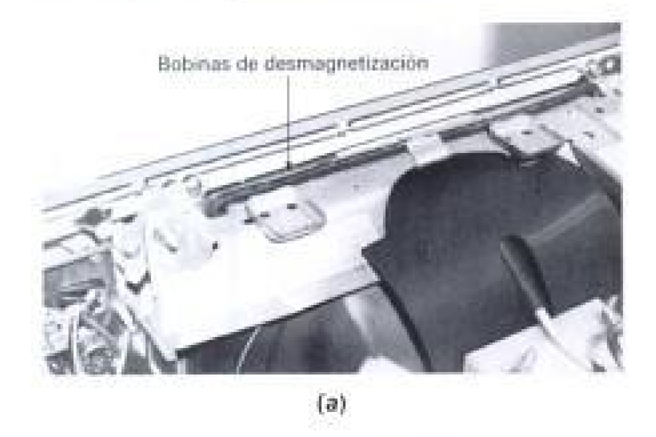
Fig. 5 - 3. Bobina de desmagnetización. (a) Tipo de aro. (b) Tipo de núcleo de hierro utilizado para desmagnetizar el tubo de imagen.

Uso de la bobina de desmagnetización. Se enchufa la bobina en un tomacorrientes de c.a. y se cierra el interruptor. Acercar la bobina a la pantalla y moverla de forma lenta circular y paralelamente a ésta y a las paredes superior y laterales de la caja. Hacer esto varias veces para cubrir todas las superficies. Luego, reducir el campo hasta anularlo gradualmente, separando la bobina del receptor tanto como alcance el cable de alimentación. Poner ésta plana en el suelo y desenchufarla.

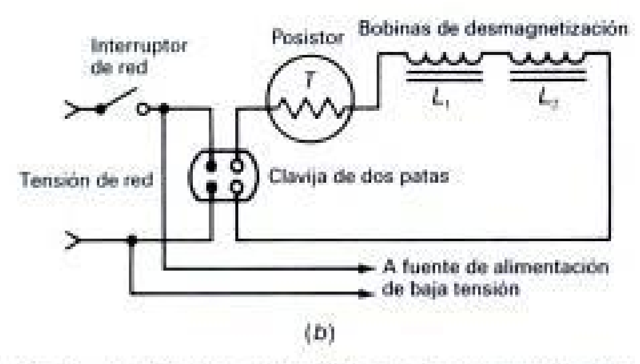
El receptor puede estar conectado o desconectado durante la desmagnetización. Si está conectado, se verán en la pantalla bonitas figuras en color cuando se mueve la bobina.

La desmagnetización sirve para algo más que para suprimir el campo previamente inducido. Genera un campo magnético local que cancela parcialmente el efecto del campo terrestre. Por esta razón el receptor debe ser desmagnetizado cuando esté orientado en la misma dirección en que se utiliza para la visión normal. De otra manera, el campo desarrollado será un impedimento si se gira 90° el receptor después de haber sido desmagnetizado.

Desmagnetización automática (ADG). El circuito ADG está destinado a compensar el campo magnético terrestre cualquiera que sea la posición del receptor. Mediante este método se desmagnetiza el tubo de imagen automáticamente cada vez que se conecta el receptor. En el armazón que soporta el tubo de imagen hay incorporado un juego de bobinas de desmagnetización, encima, debajo y a los lados de la pantalla (fig. 5-4*a*). Cuando se conecta el receptor circula por estas bobinas una



(a)



(b)

Fig. 5 - 4. Sistema automático de desmagnetización (ADG). (a) *Bobinas alrededor del ensanchamiento del tubo de imagen.* (b) *Circuito ADG conectado a la red. El posistor es un resistor con un gran coeficiente positivo de temperatura.*

corriente intensa de c.a. Luego la corriente disminuye rápidamente hasta un valor despreciable en una fracción de segundo.

El control de la corriente de desmagnetización se consigue por un resistor especial dependiente de la temperatura llamado *posistor*, en serie con las bobinas, como muestra el circuito ADG de la figura 5-4*b*. El posistor es prácticamente un cortocircuito cuando está frío, pero tiene una alta resistencia R cuando se calienta por la corriente de desmagnetización. En consecuencia, hay un alto valor de I durante una avalancha de corriente de desmagnetización y luego una pequeña corriente en vacío. El resistor está montado en el apantallamiento del tubo separado de los otros componentes como medida de protección para el tacto porque se pone muy caliente.

Ordinariamente se puede oír la acción de desmagnetización que tiene lugar cuando se conecta inicialmente un televisor en color. Hay un corto zumbido que dura una fracción de segundo. Los efectos no son visibles en la pantalla porque la desmagnetización finaliza mucho antes de que los cátodos del tubo de imagen alcancen la temperatura de emisión.

Preguntas de prueba 5-2
Respuestas al final del capitulo

a. ¿Se debe efectuar la desmagnetización antes o después de los ajustes de pureza de color?
b. ¿Se hace la desmagnetización con corriente continua, o con corriente alterna?
c. Cuando se conecta inicialmente el receptor, ¿es alta o baja la corriente en el circuito ADG?

5-3 Ajustes de convergencia

El imán de pureza de color ajusta los tres haces al mismo tiempo para obtener colores puros rojo, verde y azul, pero es necesario un refinamiento para apuntar cada haz individualmente de modo que los tres haces coincidan en el mismo punto de la pantalla. Estos ajustes para obtener el registro de los tres colores de modo que se produzca el blanco se denominan de *convergencia*.

La mala convergencia se manifiesta como irisaciones en los bordes de los objetos en la pantalla, como muestra la lámina de color II. Las irisaciones pueden estar a la izquierda o a la derecha y arriba o abajo. La mala convergencia no aparecerá en una trama de blanco a no ser que sean visibles los bordes.

Para comparar los ajustes de pureza y de convergencia de color, obsérvese que el ajuste de pureza es para obtener color sólido en la trama y en el fondo de la imagen. La convergencia es sólo para la imagen. El imán de pureza de color ajusta los tres haces, pero los ajustes de convergencia se efectúan para cada color individualmente. La prueba final de una buena convergencia es la presencia de puntos blancos sin irisación de color. Realmente, todos los ajustes de imagen de color son para obtener buen blanco. El blanco es el color más difícil de obtener de todos porque se hace con rojo, verde y azul.

Los puntos o líneas blancos sobre un fondo negro, producidos por un generador de señal como el de la figura 5-5, son preferibles para comprobar si hay error de convergencia. Este instrumento de prueba se llama *generador de imagen de prueba* o



Fig. 5 - 5. El generador de señal provee las señales de prueba de puntos, líneas cruzadas y barras de color para el servicio de TV. La salida RF modulada está en los canales 5 o 6. (Leader Instruments Corp.)

de mira, o *generador de barras de color*. Provee las señales para:

1. Pequeños puntos blancos en filas horizontales y columnas verticales.
2. Figura de líneas blancas horizontales y verticales cruzadas.
3. Diez barras de color verticales.

Este generador produce también un solo punto o cruz en el centro exacto de la imagen. Esta figura es útil para localizar el área central en los ajustes de incidencia de los haces.

La razón de que haya irisación es la carencia de registro de los tres colores primarios. La mala convergencia de un solo color primario es debida a que hay dos orlas de color en un punto blanco. Por ejemplo, si el rojo está desplazado a la derecha, el borde de la derecha del punto blanco aparecerá con una irisación roja. Además, el borde de la izquierda del punto estará carente de rojo, y aparecerá como ciano. La irisación de ciano es igual a menos rojo. Además las irisaciones pueden estar encima y debajo del punto blanco.

El control de convergencia para la alineación de los haces individualmente se consigue magnéticamente, por piezas polares magnéticas incorporadas en el conjunto del cañón. El flujo magnético se acopla dentro de estas piezas polares, a través del cuello de vidrio, desde un conjunto magnético externo llamado *yugo de convergencia*. Montado inmediatamente detrás del yugo de deflexión y delante del imán de pureza, como muestran las figuras 5-1 y 5-6.

El yugo de convergencia tiene tres imanes, uno para rojo, otro para verde y otro para azul. El azul

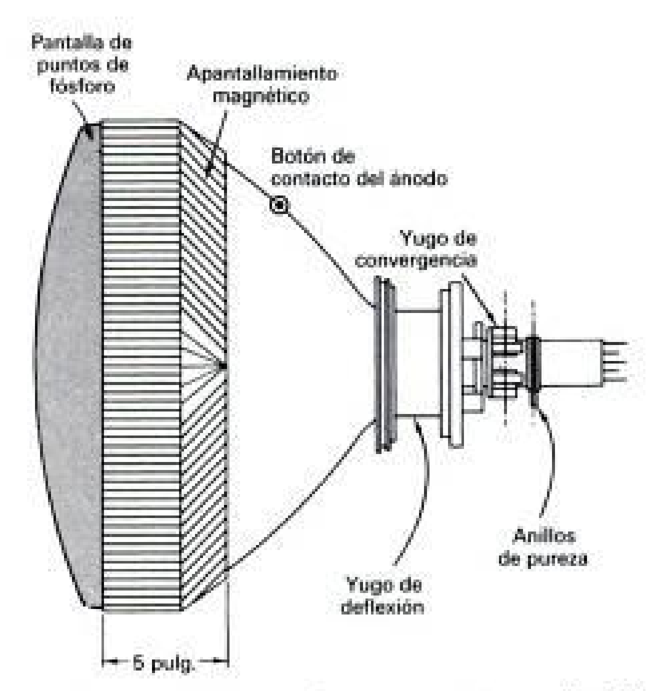


Fig. 5 - 6. Componentes de convergencia en el cuello del tubo de imagen.

está generalmente en las partes superior o inferior de la disposición en delta.

El ajuste de los imanes permanentes se llama de *convergencia estática*, porque el campo magnético es estacionario. La convergencia estática se ajusta para el centro de la imagen.

Además, cada electroimán utiliza la corriente de corrección de los circuitos de deflexión para la *convergencia dinámica*. La corriente se puede variar por los controles que hay en un panel de convergencia separado. La convergencia dinámica se ajusta para los bordes superior, inferior, izquierdo y derecho de la imagen.

Preguntas de prueba 5-3
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Una trama roja sólida prueba que la pureza de color es buena o que lo es la convergencia?
b. ¿Se utilizan pequeños puntos blancos en la imagen para los ajustes de pureza de color, o para los ajustes de convergencia?
c. ¿Las orlas de color o irisaciones en los bordes de la imagen son indicio de mala convergencia o de insuficiente excitación de señal vídeo?

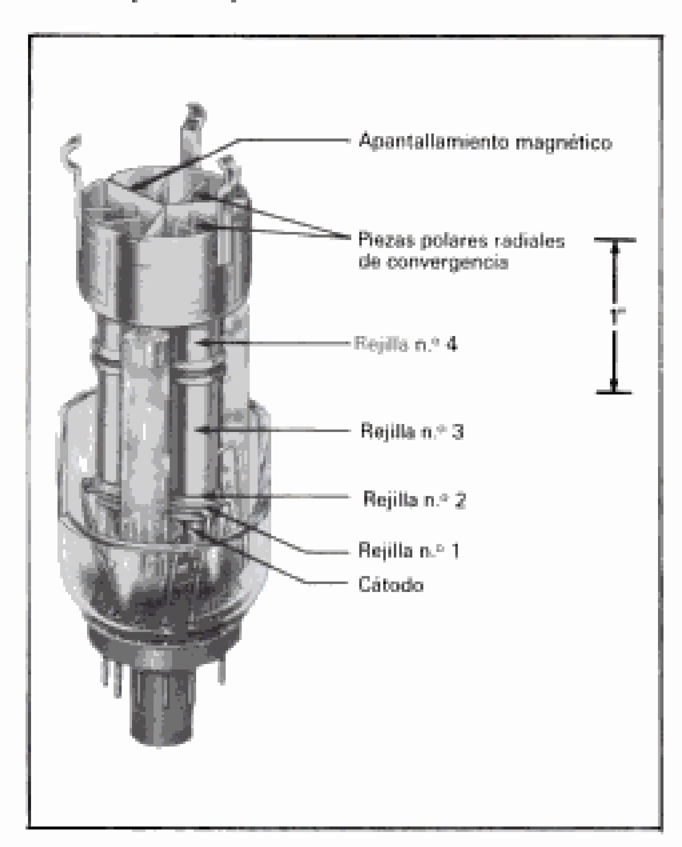


Fig. 5 - 7. Tres cañones electrónicos en un conjunto delta. (RCA.)

5-4 Convergencia estática

La figura 5-7 muestra el triple cañón electrónico de un tubo delta. Las piezas polares internas para la convergencia están montadas en la superficie anterior de la cavidad del ultor *G*4. El yugo de convergencia externo que está montado sobre las piezas polares internas está representado en la figura 5-8. Los tres imanes en delta están representados en la figura 5-8*a* y la figura 5-8*b* es una vista en sección transversal simplificada que ilustra las líneas de flujo magnético. Obsérvese que la dirección del flujo indicada donde las líneas de puntos cruzan los puntos negros representan los haces electrónicos. Cada haz se mueve perpendicularmente a las líneas de campo magnético. Por tanto, el haz superior para el azul sube y baja cuando se invierte o varía la polaridad del campo. Los otros dos haces se mueven en una línea inclinada 30° con respecto a la horizontal, como indican las flechas diagonales.

Es mucho más sencilla la convergencia en tubos de imagen con cañones en línea porque los tres haces están en el mismo plano horizontal, aunque todavía se debe utilizar un sistema de imanes internos y externos. Estos imanes están montados sobre la parte anterior del conjunto de cañones. El conjunto magnético está diseñado para que tenga el mismo efecto sobre el haz cen-

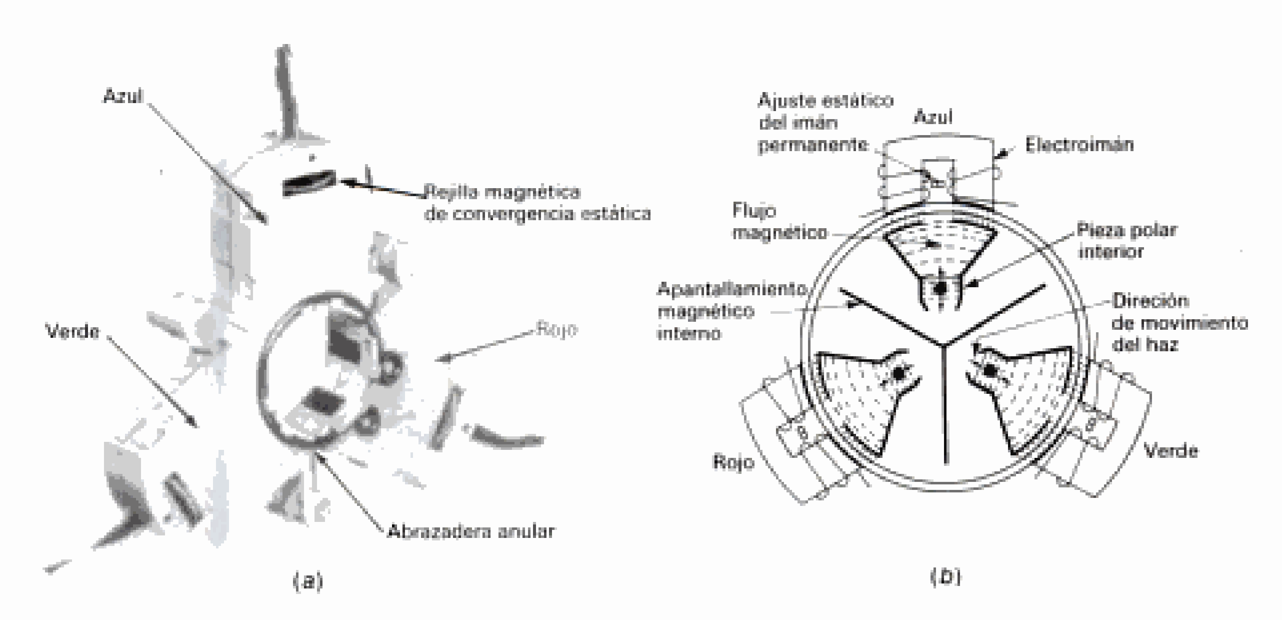


Fig. 5 - 8. Yugo de convergencia externo para un tubo de imagen de cañones en delta. (a) *Los imanes de rojo, verde y azul rodean a la abertura en que está alojado el cuello de vidrio del tubo de imagen.* (b) *Sección transversal simplificada que muestra las líneas de flujo de los imanes.*

tral, que ordinariamente es el verde. La figura 5-9 muestra un yugo de convergencia para un tubo en línea típico. Dos imanes permanentes giratorios en cada lado acoplan un flujo magnético variable a las piezas polares internas. Estos ajustes para rojo y azul doblan los haces exteriores para que converjan con el haz verde, para la convergencia horizontal. Además, dos imanes colocados en la parte superior acoplan un campo magnético horizontal en la vecindad de los haces exteriores. Estos ajustes desplazan los haces verticalmente para compensar un haz que está por encima o por debajo del plano horizontal común.

El Sony Trinitron es un tubo en línea que utiliza el método electrostático para doblar los haces exteriores y hacer que converjan con el haz central. Un control de potenciómetro varía la tensión en las placas exteriores de deflexión. Ajustes trimmer adicionales permiten el control fino de la alineación vertical del haz. En algunos casos, una bobina montada en el cuello del tubo imparte un movimiento de torsión a los haces exteriores que los hace girar alrededor del haz verde central. La corriente de esta bobina de "torsión de cuello" se ajusta para situar a los tres haces en un plano paralelo al eje horizontal. Este ajuste se efectúa para obtener la mejor convergencia en una línea blanca horizontal que pasa por el centro de la imagen.

En general, los ajustes de la convergencia estática se efectúan utilizando una figura de puntos

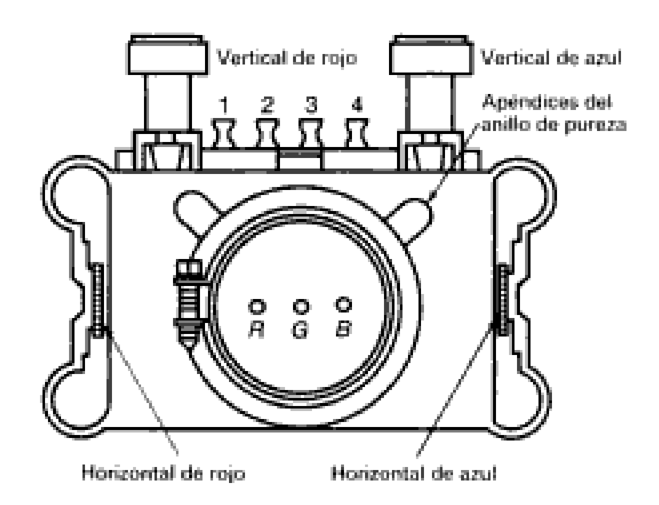


Fig. 5 - 9. Yugo de convergencia y conjunto de pureza de color de un tubo de imagen en línea. R, G y B *indican los haces electrónicos (rojo, verde y azul, respectivamente).*

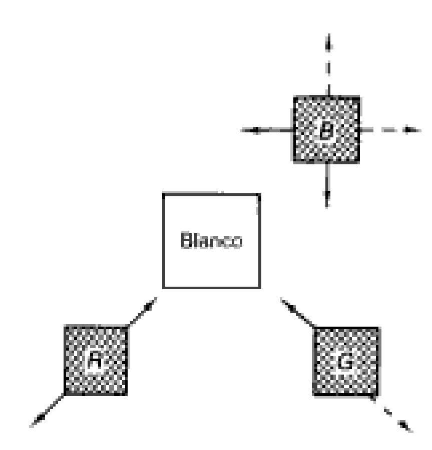


Fig. 5 - 10. Efecto de los imanes de convergencia estática sobre el movimiento de los puntos de color para producir el blanco.

blancos o de barras cruzadas para la imagen y concentrando la atención en el centro de la pantalla únicamente. Para tubos de cañones en delta, primero se ajustan el rojo y el verde para formar un punto amarillo. El movimiento en diagonal está ilustrado en la figura 5-10. El azul es descendido o elevado verticalmente para que su registro sea perfecto con amarillo, y situar el punto blanco en el centro, sin irisaciones.

Pero es necesario otro grado de libertad de movimiento. Si el azul no está situado inmediatamente arriba o abajo del punto amarillo, no será posible conseguir la convergencia en un punto blanco con el imán estático del azul. Por eso hay provisto un ajuste más, llamado *imán lateral de azul*. Este imán externo está montado cerca del zócalo del tubo para mover horizontalmente el haz azul. Ajustando todos los imanes estáticos se puede producir una perfecta convergencia para conseguir un punto blanco en el centro de la pantalla.

Preguntas de prueba 5-4
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Para qué sirve la convergencia estática: para el centro, o para los bordes de la pantalla?
b. ¿Para qué se utilizan imanes permanentes: para la convergencia estática, o para la convergencia dinámica?
c. ¿Qué color se desplaza verticalmente en la figura 5-10?

5-5 Convergencia dinámica

Cuando se ha conseguido la convergencia de los haces en el centro de la pantalla, se habrá establecidó una distancia fija de convergencia entre cada cañón electrónico y la pantalla. Cuando son desviados los haces desde el centro, esta distancia fija forma una superficie esférica en que se mantiene la convergencia. Sin embargo, esta esfera tiene mayor curvatura que la de la propia pantalla. Por tanto, cuando los haces se desvían hacia los bordes de la pantalla, convergen fuera de ésta, se cruzan e inciden en la pantalla con mala convergencia. El resultado está ilustrado en la figura 5-11 por las líneas cruzadas.

Para corregir esta mala convergencia es necesario separar los haces, de modo que converjan a mayor distancia con más desviación hacia los bordes de la pantalla. La corrección se hace modulando los campos magnéticos de convergencia estática con una componente de c.a. en las frecuencias exploración vertical y horizontal. Este campo de c.a. es producido por la corriente de los arrollamientos del yugo de convergencia. Véase figura 5-8 para la construcción. En cada pieza polar se utilizan dos bobinas, una para las señales de deflexión *V* a 60 Hz y otra para las señales de deflexión *H* a 15.750 Hz.

La forma de onda para la corrección de convergencia es parabólica. Es nula, o está bloqueada, en el centro de la pantalla para evitar la alteración del ajuste estático. La forma de onda parabólica es ideal a causa de que es simétrica en ambos extremos.

Además, se añade una componente variable en diente de sierra a la forma de onda parabólica.

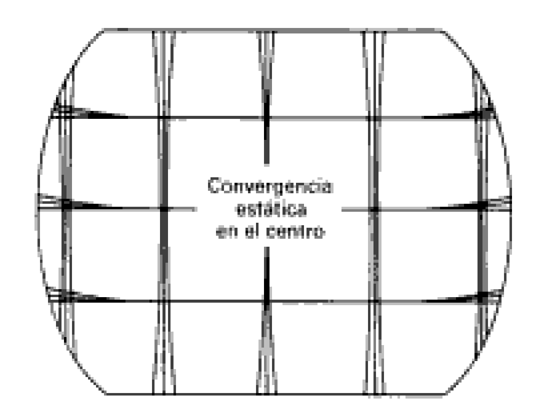


Fig. 5 - 11. Convergencia estática correcta en el centro de la pantalla sin corrección de convergencia dinámica.

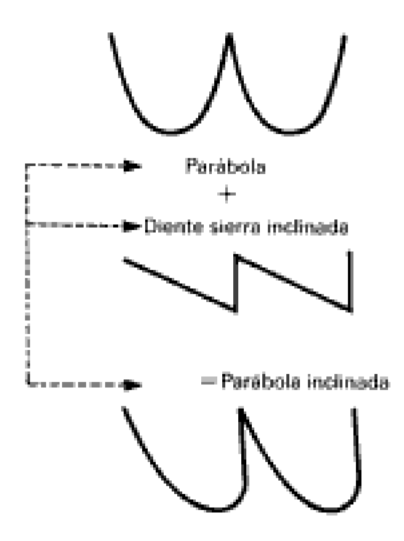


Fig. 5 - 12. Cómo se produce la forma de onda parabólica inclinada para corregir la convergencia dinámica.

Este efecto "inclina" la forma de onda, añadiendo más corrección a un extremo a expensas del otro extremo. La inclinación sirve para corregir el hecho de que los tres haces no tienen un eje común. Por ejemplo, el haz azul en un cañón en delta debe desplazarse más que los otros haces para alcanzar la parte inferior de la pantalla. Por otra parte, el ajuste de inclinación también puede corregir el defecto de que la placa frontal no sea exactamente perpendicular al eje largo del tubo de imagen. La figura 5-12 muestra cómo una forma de onda diente de sierra añadida a una parábola puede inclinar la forma de onda combinada.

Para la convergencia dinámica de lado a lado se utiliza una forma de onda similar generada por los circuitos de deflexión horizontal. En la práctica, se emplea una onda senoidal a causa de que es más fácil generarla y se aproxima bastante a la forma de onda parabólica.

La convergencia dinámica es muy compleja con tubos de cañones en delta a causa de que requiere muchos ajustes. Hay doce controles en total para la amplitud y las inclinaciones vertical y horizontal de los tres cañones. Todos los controles están en un panel de convergencia, como en la figura 5-13. Son ajustados mientras el operador observa la figura de líneas cruzadas para que converjan las líneas en los bordes superior, inferior izquierda e inferior derecha de la pantalla. Los controles están ordinariamente dispuestos en un circuito puente para facilitar los ajustes. Un extremo de la figura puede converger sin afectar

al otro extremo demasiado. La figura 5-14 ilustra cómo se utilizan los controles de convergencia.

En la práctica, primero se ajustan el rojo y el verde y se desactiva el azul para evitar confusiones. Cuando se obtiene una buena imagen de prueba de amarillo, se activa el azul y se le ajusta para formar una imagen blanca de barras cruzadas con buena convergencia. Obsérvese que el cañón azul está ordinariamente arriba o abajo del conjunto delta.

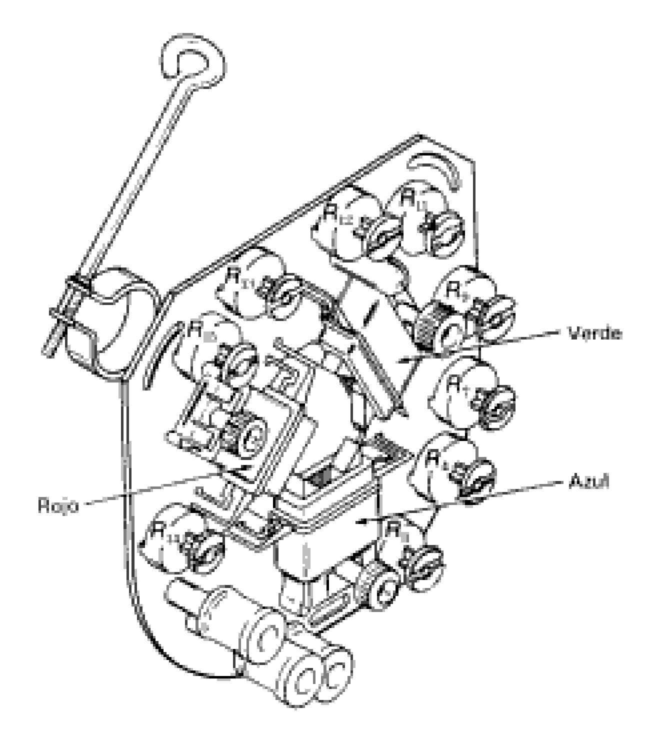


Fig. 5 - 13. Yugo de convergencia y conjunto de panel que se monta en el cuello del tubo de imagen.

La convergencia dinámica con cañones en línea es mucho más fácil de conseguir. Nuevamente se utilizan formas de onda parabólicas o senoidales, pero sólo para separar los dos haces. En algunos casos, es necesaria la convergencia dinámica horizontal únicamente. La convergencia en dirección vertical se obtiene conformando el campo de deflexión vertical.

En algunos receptores, un yugo de deflexión especial sirve también para el ajuste de convergencia dinámica. No hay provistos ajustes eléctricos, pero la posición del yugo es crítica. Para alinear el campo magnético del yugo con respecto al eje del haz electrónico se utilizan abrazaderas o cuñas. Se inclina el yugo para obtener una alineación correcta mientras se observa la imagen de prueba en los bordes de la pantalla. La figura 5-14*b* ilustra un ejemplo.

El procedimiento general para el ajuste de un tubo de imagen con cañones en línea es el siguiente:

1. Ajustar la convergencia estática en el centro de la pantalla.
2. Ajustar la pureza del color.
3. Reajustar la convergencia estática.

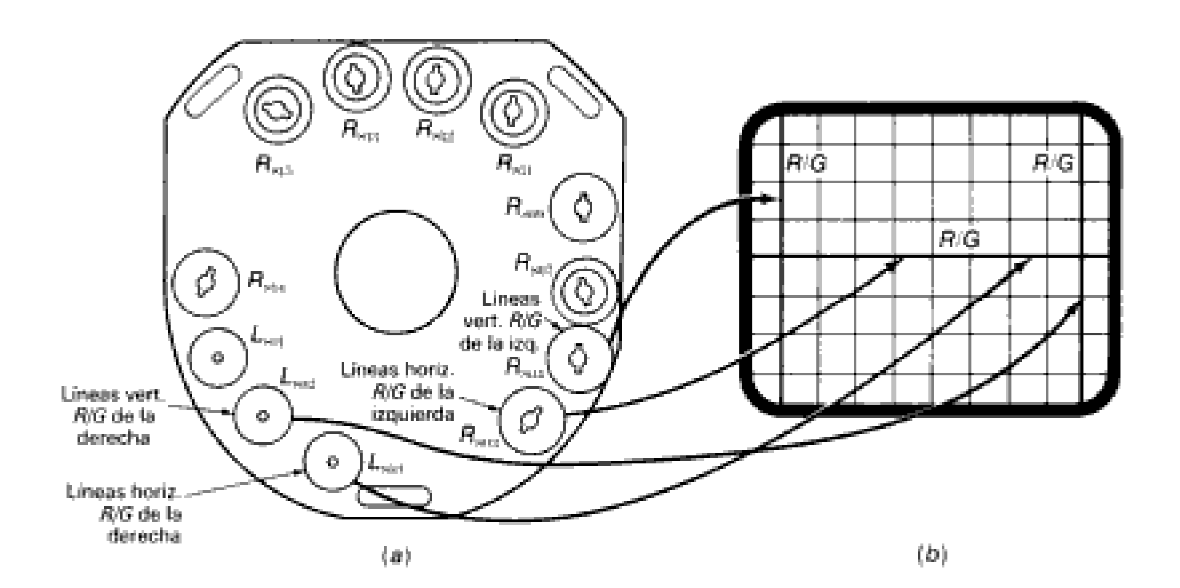


Fig. 5 - 14. (a) Controles para la convergencia dinámica. (b) Efecto sobre la imagen de prueba. (RCA.)

4. Ajustar los controles de amplitud dinámica *H* y de inclinación para obtener la mejor convergencia en los lados.
5. Ajustar los controles de amplitud dinámica *V* y los controles de inclinación, si se emplean, para obtener la mejor convergencia en las partes superior e inferior.
6. Ajustar la inclinación del yugo, si está provisto este ajuste, para obtener la mejor convergencia en los bordes de la pantalla.
7. Reajustar la convergencia estática si es necesario.

Preguntas de prueba 5-5
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. La imagen de prueba de la figura 5-11 indica buena convergencia dinámica.
b. La forma de onda básica para la convergencia dinámica es la parábola o la mitad de una onda senoidal.
c. En la figura 5-14*a*, el control R_{804} es para convergencia dinámica.

5-6 Corrección anticojín

La forma de cojín o acerico de la trama está representada en la figura 5-15. La causa de esta distorsión es que las esquinas de la pantalla están más lejos del centro de deflexión para los haces electrónicos, en comparación con el centro de la pantalla. Entonces en las esquinas los haces se mueven más vertical y horizontalmente en los ángulos extremos de deflexión. La distorsión en cojín es mayor con tubos de 90° o más.

En los tubos de imagen monocromática el efecto de acerico se corrige mediante pequeños imanes montados en la caja del yugo de deflexión. Estos imanes anticojín no se pueden utilizar con los tubos de imagen en color porque afectan a los tres haces de modo diferente, creando más problemas para la pureza de color y la convergencia. Por consiguiente, en los tubos de imagen en color hay que utilizar la corrección anticojín dinámica.

Las señales de corrección anticojín, designadas PIN, son aplicadas al yugo de deflexión. Las bobinas de exploración horizontal utilizan corriente de corrección para enderezar los lados de la trama. Además, las líneas de las partes superior e inferior son enderezadas por la corriente PIN de corrección en las bobinas de exploración vertical.

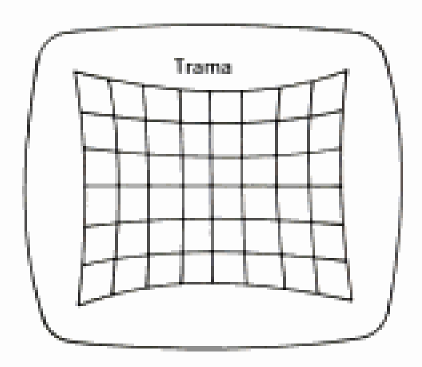


Fig. 5 - 15. Distorsión en cojín de la trama.

Ordinariamente no hay ajustes para la corrección lateral anticojín. Los controles verticales PIN marcados TB (correspondientes a superior e inferior) son ajustados en fábrica y pocas veces necesitan ajustes, pero, si es necesario, pueden hacerse con una imagen o carta de prueba. Se ajusta el control de fase PIN para desplazar cualquier curvatura de las líneas horizontales hacia el centro. Luego se ajusta el control de amplitud PIN para enderezar las líneas horizontales en las partes superior e inferior de la trama.

El perfeccionamiento de diseño de los yugos de deflexión y de los tubos de imagen ha contribuido eficazmente a reducir la distorsión en cojín, por lo que en los modernos receptores se requiere poca corrección.

Preguntas de prueba 5-6
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Los imanes de corrección anticojín se utilizan para tubos monocromáticos o para tubos de imagen en color?
b. ¿La abreviatura TB significa corrección anticojín vertical o corrección anticojín horizontal?

5-7 Excitación de la señal vídeo

En cualquier tubo de imagen, la corriente del haz y la salida resultante de luz están controladas por la tensión aplicada entre *G*1 y el cátodo. Este efecto se puede observar en la curva característica de la figura 5-16 para un cañón electrónico típico. En el eje horizontal, la tensión de la rejilla de control *G*1 está marcada con valores de 0 a

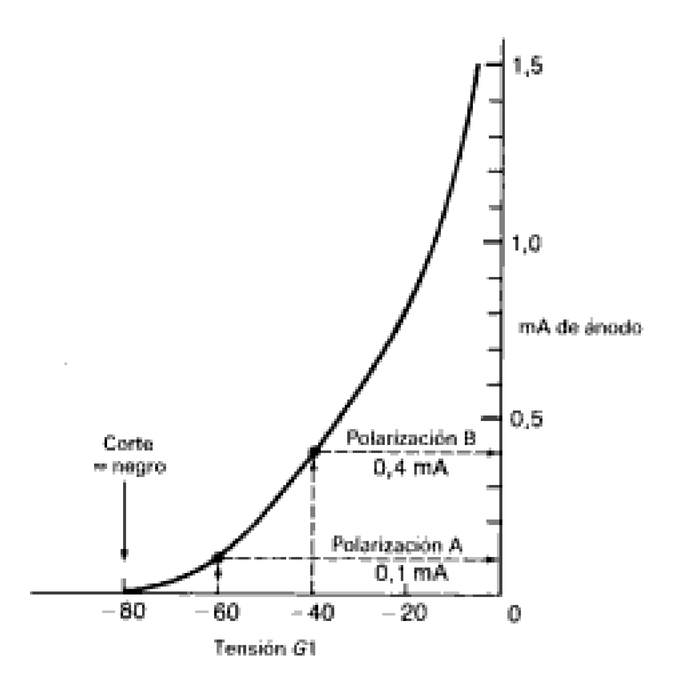


Fig. 5 - 16. La polarización de c.c. B en — 40 V produce más corriente de haz y un brillo más intenso que la polarización A en —60 V.

—80 V. Estas tensiones indican la diferencia de potencial entre *G*1 y el cátodo. La corriente anódica, correspondiente a la corriente del haz, sube hasta 1,5 mA en el eje vertical. La curva muestra cómo es producida mucha de la corriente del haz por diversas tensiones de rejilla. La alta tensión del ánodo está fijada en su valor específico.

Para valores normales, un potencial negativo de *G*1 igual a —80 V corta la corriente del haz. Este corte corresponde al negro en la imagen.

Para —60 V en *G*1, la corriente del haz es aproximadamente 0,1 mA. Esta condición se indica por el valor de polarización A en la figura 5-16. Reduciendo la polarización a —40 V aumenta la corriente del haz hasta aproximadamente 0,4 mA, como se muestra para el valor de polarización B. Más corriente del haz produce más salida de luz lo cual corresponde a la información de blanco de la imagen. Obsérvense las siguientes características:

1. Disminuyendo la tensión de *G*1 negativa aumenta la corriente del haz.
2. Para un cambio de sólo aproximadamente un 33 % de la tensión de *G*1, la corriente del haz es cuatro veces mayor, pasando de 0,1 a 0,4 mA.

La curva se hace más abrupta (tiene mayor pendiente) a medida que la tensión de *G*1 negativa tiende hacia cero. Esta característica influye en la distorsión gamma de las superficies blancas expandidas que es introducida por el tubo en la reproducción de imagen.

Es importante tener en cuenta que la tensión entre *G*1 y el cátodo es la que determina la corriente del haz. Como referencia se puede emplear cualquier elemento, pero la rejilla de control debe ser negativa con respecto al cátodo. Por ejemplo, *G*1 puede estar a +100 V con respecto a la masa del chasis pero si el cátodo está a +140 V, la rejilla de control será todavía 40 V más negativa. La diferencia de potencial para V_{GK} es 100 — 140 = —40 V.

El efecto total en la reproducción de la información de imagen es aplicar la excitación de la señal vídeo de c.a. en el eje de polarización de c.c. para variar la corriente del haz. La polarización de c.c. se modifica por el control de brillo, colocado ordinariamente en el panel frontal del receptor. La señal vídeo de c.a. se varía por el control de contraste.

Control de brillo. Este ajuste de polarización de c.c. puede aplicar tensión negativa en *G*1, como muestra la figura 5-17*a*, o tensión positiva en el

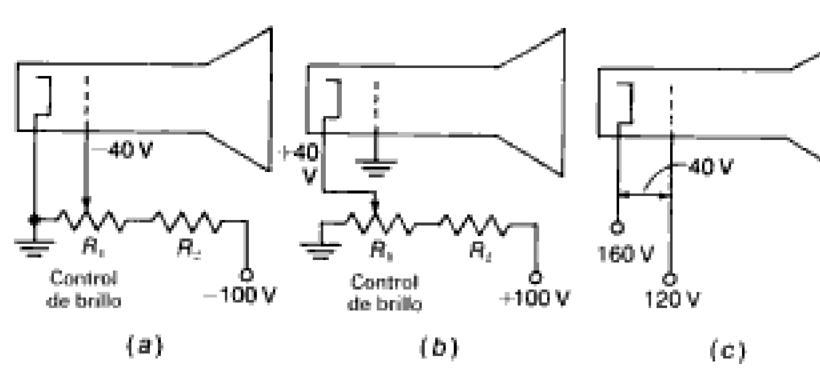


Fig. 5 - 17. Métodos de ajuste de polarización de c.c. para el circuito rejilla-cátodo del tubo de imagen. (a) Polarización negativa de rejilla de — 40 V. (b) Polarización positiva de cátodo de + 40 V. (c) Diferencia de potencial de 40 V, con la rejilla negativa respecto al cátodo.

cátodo, como en la figura 5-17*b*. En ambos casos la polarización rejilla-cátodo es igual a — 40 V. Se puede producir la misma polarización como diferencia entre dos potenciales positivos, como ocurre en la figura 5-17*c*. Aquí la polarización rejilla-cátodo es también — 40 V, que es la diferencia de potencial entre 120 y 160 V.

El control de brillo se ajusta correctamente cuando el nivel de supresión del haz de la señal vídeo compuesta produce visualización nula, o negro, en el tubo de imagen. El corte visual depende, en cierto modo, de la iluminación o luz ambiente de la habitación. El brillo de la imagen debería ser mayor para compensar el efecto de la luz ambiente sobre la pantalla. Por esta razón, algunos receptores tienen un circuito automático de brillo. Un dispositivo fotosensible incorporado en la caja detecta la cantidad de luz ambiente y ajusta automáticamente la polarización de c.c. del tubo de imagen para que el brillo sea correcto.

Excitación vídeo de color. Durante largo tiempo el método usual de excitación del tubo de imagen tricolor fue el siguiente:

1. Fueron aplicadas señales $R - Y$, $G - Y$ y $B - Y$ a las tres rejillas de control con polaridad positiva.
2. La señal $- Y$, para polaridad negativa, fue aplicada a los tres cátodos.

Entonces el tubo de imagen sirvió como circuito matriz para producir los efectos de rojo, verde y azul en la imagen, además de la información de luminancia.

En los receptores más modernos son añadidas las señales vídeo de color y luminancia en los circuitos de excitación de vídeo. La salida es negativa y las señales *R*, *G* y *B* son aplicadas a los tres cátodos del tubo de imagen. La finalidad es mantener los circuitos de señal vídeo fuera del electrodo *G*1. Se puede producir arco interior en la rejilla de control a causa de que es el electrodo más negativo.

La figura 5-18 compara la excitación de cátodo con la excitación de *G*1 para el tubo de imagen. En la 5-18*a* las amplitudes de la señal blanca de vídeo hacen la rejilla de control más positiva, o menos negativa. En la figura 5-18*b* la señal blanca de vídeo hace al cátodo más negativo. En ambos casos, el máximo blanco produce la máxima corriente del haz.

La cantidad real de excitación de señal vídeo de c.a. necesaria depende de las características del cañón electrónico y de la tensión aplicada a la rejilla pantalla (*G*2). Cuando se aumenta la tensión de *G*2, también aumenta la tensión de corte del cañón electrónico. El margen de las tensiones

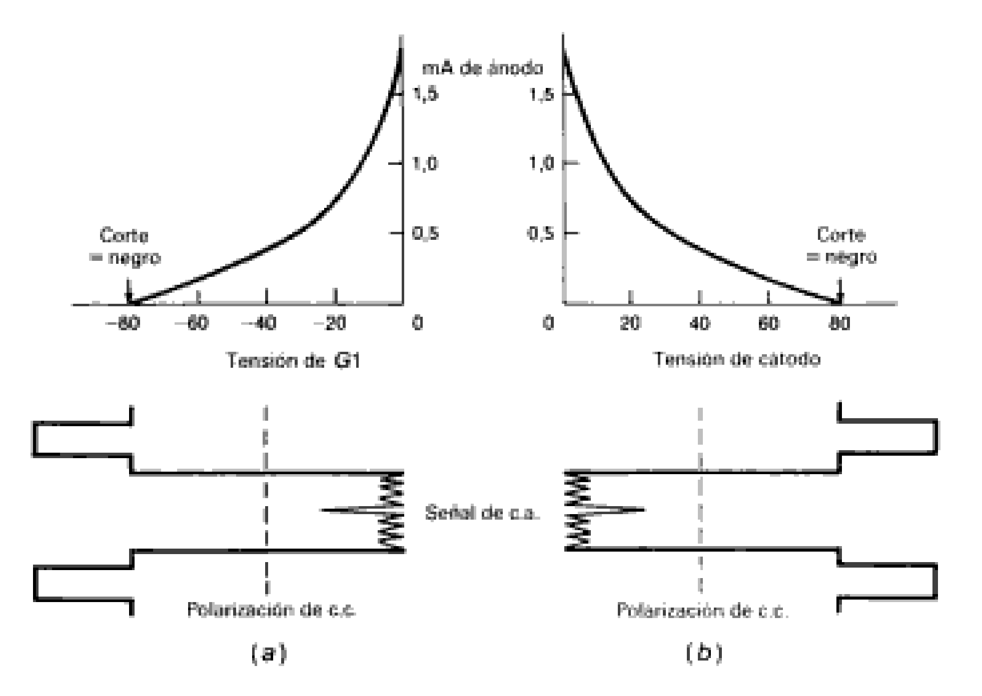


Fig. 5 - 18. Forma en que la señal vídeo varía la corriente del haz para reproducir la información de imagen. (a) El blanco hace menos negativa a la rejilla de control. (b) El blanco hace más negativo al cátodo.

normales de excitación es de 30 V p-p con tubos de imagen monocromática de pequeña pantalla a 200 V p-p con tubos de color de pantalla grande que utilicen altos valores de *G*2.

Circuitos internos de supresión del haz. El borrado de la retraza lo provee el nivel de borrado de la señal vídeo compuesta. Este nivel es el mismo que el de supresión del haz para el negro. Además, en la práctica todos los receptores utilizan circuitos internos de borrado de la retraza. Los circuitos de deflexión vertical y horizontal generan impulsos que borran las retrazas verticales y horizontales. Debido a esto normalmente no se ven las líneas de retraza, independientemente del ajuste del brillo.

En un método de borrado de la retraza, se añaden impulsos de borrado positivos a la señal de vídeo compuesta que es aplicada al cátodo en el tubo de imagen. En otro método, se utilizan los impulsos negativos de borrado en la rejilla de control. Durante el tiempo de retraza ambas polaridades suprimen la corriente del haz. Para los tubos de color en que la rejilla de control es común a los tres cañones, la tensión de borrado se suele aplicar a la conexión común de *G*1.

Preguntas de prueba 5-7
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Es de −4 V o de −60 V la polarización normal de rejilla para el tubo de imagen de 19 pulgadas?
b. ¿Es de 8 V o de 140 V p-p la excitación de la señal de c.a. normal para el tubo de imagen de 19 pulgadas?
c. ¿Qué es lo que varía el control de brillo en el tubo de imagen: la polarización de c.c., o la señal de c.a.?

5-8 Gradación de la escala de grises

En los tubos de imagen en color las salidas de luz para los colores rojo, verde y azul deben estar equilibradas de modo que produzcan un blanco neutro, en ausencia de la señal de color. Por otra parte, la relación necesaria de *RGB* para producir blanco se debe mantener entre valores altos y valores bajos de brillo. Esta aptitud para mantener las proporciones correctas desde las partes de mucho brillo hasta las partes oscuras de la imagen es lo que se llama *gradación de la escala de grises*. Si la gradación no es correcta, cambiará el color en la pantalla cuando se varíe el control de brillo. Por ejemplo, la trama puede aparecer demasiado amarilla en un nivel de brillo y demasiado azul en otro nivel. Por otra parte, cuando se aplica la señal vídeo, el blanco brillante de la imagen puede aparecer de un color diferente al de las partes menos brillantes.

El ajuste de la escala de grises se denomina también *ajuste de velo* (o sea, de la relación entre los niveles de referencia de blanco y negro) y *ajuste de la temperatura de color*. Este término está basado en la idea de producir un blanco que corresponda a 9300 en la escala Kelvin de temperatura.

Los resultados de los ajustes de gradación se comprueban visualmente observando la pantalla. Para producir una gradación perfecta es necesaria alguna experiencia, pero téngase presente lo siguiente:

1. Las tensiones de c.c. son para la trama.
2. Las tensiones de señal de c.a. son para la imagen. Recuérdese que la imagen monocromática se obtiene con señales vídeo *R*, *G* y *B*.
3. Las superficies poco luminosas de gris oscuro de la imagen dependen de las características de corte de los cañones electrónicos, que están determinadas por las tensiones de c.c.
4. Las partes blancas muy luminosas de la imagen dependen de la máxima corriente del haz producida por las señales vídeo de excitación *R*, *G* y *B*.

En la figura 5-19 se puede apreciar la colocación de los controles de excitación de *R*, *G* y *B* en la pared posterior del chasis de los receptores más antiguos. Estos controles ajustan las proporciones de la señal vídeo de c.a. para los tres cañones electrónicos. También se ven en la figura 5-19 los controles de *G*2 de rejilla pantalla de *R*, *G*

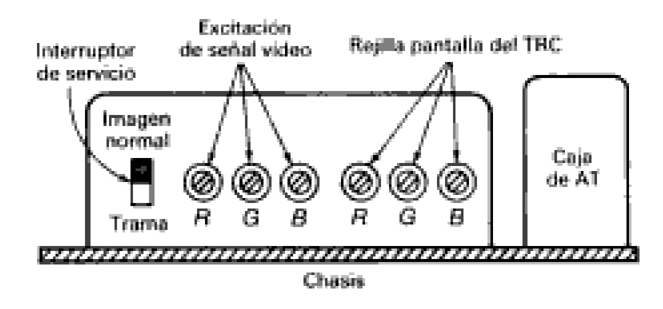


Fig. 5 - 19. Excitación RGB *y controles de rejilla pantalla en la pared posterior del chasis.*

y *B*. Estos ajustes varían la tensión de c.c. para adaptarla a las características de corte del cañón.

Controles de *R*, *G* y *B* para *G*1 y *G*2. En los receptores antiguos con controles *G*1 y *G*2 separados se puede efectuar fácilmente la gradación. Primero, los tres cañones producen el corte visual en la posición de mínimo del control de brillo. Estos receptores tienen usualmente un interruptor AJUSTE-NORMAL en la pared posterior del chasis. En la posición AJUSTE se desactiva la deflexión vertical y se suprime la señal vídeo para que se pueda obtener una línea horizontal en la pantalla. Con la trama comprimida en sólo una línea, incluso una pequeña amplitud de la corriente del haz produce luz visible. Después, se ajustan los controles de pantalla *R*, *G* y *B* para producir una línea que sea apenas visible con cada color primario. Este es el procedimiento para el ajuste de las características de corte.

Por último, se pone el conmutador en la posición NORMAL para obtener una trama completa y señal vídeo. Se avanzan los controles de brillo y contraste hasta su posición normal. Se ajustan los controles de excitación vídeo *R*, *G* y *B* para obtener un blanco neutro en las altas luces, o sea mucha luminosidad de la imagen. Un control de la excitación, ordinariamente el de rojo, debe estar en su posición máxima mientras se ajustan los otros dos. En algunos casos, sólo pueden variar dos de los controles de excitación y el tercero está fijo en su posición de máximo.

Controles de fondo. Ahora muchos tubos de imagen tienen conexiones comunes para *G*1 y *G*2. En este caso, no se puede ajustar independientemente cada cañón para el corte. En vez de esto, se ajusta la polarización rejilla-cátodo de dos o de los tres cañones en sus posiciones inferiores del *control principal de brillo,* que regula la tensión común de rejilla pantalla (*G*2). Los trimmers de polarización son los controles de fondo.

Para la gradación de la escala de grises se suprime la señal de color y se retroceden del todo los controles de brillo y contraste. Luego se ajusta el control principal de pantalla (*G*2) para que produzca una tenue imagen monocromática. Se ajustan los controles de fondo para obtener un gris neutro descolorido. Si la imagen aparece púrpura, por ejemplo, es necesario más verde. Se avanzan los controles de fondo verde o se retroceden los otros.

A continuación, se ajusta el brillo y el contraste para obtener una imagen normal. Los controles de excitación de vídeo se ajustan para blanco neutro con gran intensidad luminosa. Para obtener buena gradación de la escala de grises puede ser necesario hacer algunos reajustes entre los controles de fondo y de excitación de vídeo para conseguir un tono neutro entre las partes más oscuras y las más luminosas de la pantalla.

Preguntas de prueba 5-8
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Los controles de rejilla pantalla *R*, *G* y *B* se ajustan para que desaparezca la imagen (corte visual) o bien para que aparezca un blanco brillante en la imagen?
b. ¿Los controles de excitación vídeo de *R*, *G* y *B* se ajustan para gris oscuro o bien para blanco?
c. ¿Los controles de fondo son para la polarización de c.c. o para la señal vídeo de c.a.?
d. ¿El control principal de pantalla de *G*2 varía la tensión de c.c. o la señal vídeo de c.a.?

5-9 Ajustes globales de puesta a punto

Este procedimiento general indica la secuencia a seguir cuando se efectúan los ajustes de pureza de color, convergencia y gradación de la escala de grises.

1. Verificar el tamaño de la imagen y la linealidad, de arriba abajo y de izquierda a derecha. Cerciorarse de que el enfoque es bueno y de que el centrado es correcto. Cualquier cambio afectará a la convergencia dinámica, por lo que todos estos ajustes deben ser correctos inicialmente.
2. Desmagnetizar el receptor.
3. Efectuar el ajuste preliminar de convergencia estática en el centro de la pantalla.
4. Ajustar la pureza de color.
5. Reajustar la convergencia estática del centro.
6. Efectuar los ajustes de convergencia dinámica.
7. Reajustar la convergencia estática del centro.
8. Utilizando los controles de fondo y de pantalla, equilibrar la baja luminosidad para el blanco en la pantalla.
9. Utilizando los controles de excitación, equili-

brar la alta luminosidad para el blanco en la pantalla.

10. Repetir las operaciones 8 y 9, si es necesario, para obtener una imagen neutra monocromática.

El receptor llega de fábrica con todos los ajustes de puesta a punto del tubo de imagen hechos correctamente. Una vez establecidos, los ajustes son estables y rara vez es necesario cambiarlos, excepto cuando se instala un nuevo tubo de imagen.

Preguntas de prueba 5-9
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Ordinariamente la desmagnetización es la última operación de los ajustes de puesta a punto.
b. La pureza de color se ajusta antes que la convergencia dinámica.
c. Una vez establecida la convergencia estática, nunca es necesario reajustarla.

RESUMEN

1. El ajuste de pureza de color, o de incidencia de los haces, se hace para obtener un color uniforme en la trama.
2. Los ajustes de convergencia se efectúan con un generador de señal que produce una imagen de puntos blancos o una imagen de prueba de barras cruzadas. La mala convergencia produce orlas o irisaciones de color en la imagen. Véase lámina de color II.
3. Los ajustes de convergencia estática se hacen mediante imanes permanentes. Los imanes ajustan la convergencia en el centro de la imagen.
4. Los ajustes de convergencia dinámica varían la corriente de corrección en las bobinas del yugo de convergencia. Se ajusta la convergencia en los bordes de la imagen.
5. Desmagnetización significa suprimir el campo magnético del tubo de imagen con la corriente alterna de la red. El circuito de desmagnetización automático (ADG) desmagnetiza el tubo de imagen cada vez que se desenchufa o desconecta el receptor.
6. Se pueden insertar las señales de corrección anticojín en serie con las bobinas *V* y *H* del yugo de deflexión para enderezar los bordes de la trama.
7. Los ajustes de gradación de la escala de grises, o de temperatura de color, mantienen el blanco neutro desde niveles bajos hasta niveles altos de brillo.
8. En la señal vídeo compuesta se utilizan impulsos de supresión del haz además de los impulsos de borrado.
9. Un control de fondo varía la polarización de c.c. del tubo de imagen.
10. Los controles de excitación de *R*, *G* y *B* varían la amplitud de la señal de c.a. del tubo de imagen.
11. El conmutador AJUSTE-NORMAL suprime la imagen para efectuar los ajustes con la trama solo, o con solamente una línea horizontal.
12. Generalmente un tubo de imagen en color tiene señales vídeo *R*, *G* y *B* en los tres cátodos, con polaridad positiva de sincronismo.

AUTOEXAMEN

Respuestas al final del libro

Contestar verdadero o falso

1. El imán de pureza de color está montado ordinariamente haciendo contacto con el ensanchamiento o campana del tubo de imagen.
2. Los ajustes de convergencia estática se efectúan para el centro de la imagen.
3. Una bobina de desmagnetización utiliza corriente de 15.750 Hz tomada del circuito de salida horizontal.
4. Un generador de puntos y barras puede producir imágenes de prueba de puntos blancos, barras cruzadas y barras de color verticales.
5. No es necesaria la supresión del haz en los receptores de color.
6. Los controles de rejilla pantalla *R, G* y *B* afectan al color de la trama.
7. Un imán lateral de azul desplaza este color en la dirección horizontal.
8. Un control principal de brillo ajusta la tensión de rejilla pantalla del tubo de imagen.
9. Un gamma de 2,2 del tubo de imagen significa que se han expandido los valores de blanco.
10. La excitación del cátodo del tubo de imagen requiere una señal vídeo con polaridad positiva de sincronismo.
11. Un control de fondo varía la amplitud pico a pico de la señal vídeo.
12. Los controles de rejilla pantalla ajustan las características de corte de los cañones de rojo, verde y azul.

PREGUNTAS DE ENSAYO

1. Comparar los ajustes de pureza de color y de convergencia.
2. Comparar los ajustes de convergencia dinámica y de convergencia estática.
3. Nombrar tres funciones de un generador de señal de puntos y barras.
4. ¿Qué funciones realiza un interruptor de servicio AJUSTE-NORMAL?
5. ¿Por qué son más fáciles de realizar los ajustes de convergencia con un cañón en línea que con un cañón en delta?
6. ¿Por qué se hace la desmagnetización antes que los ajustes de pureza y convergencia de color?
7. ¿Cuál es la finalidad del circuito ADG?
8. ¿Cuál es la función de los controles de la rejilla pantalla *R, G* y *B*?
9. ¿Cuál es la función del control de fondo?
10. ¿Cuáles son las funciones de los controles de exitación de *R, G* y *B*?
11. ¿Qué significa ajuste de temperatura de color?
12. ¿Cuánta excitación de señal vídeo es necesaria para un tubo de imagen en color de 19 pulgadas?
13. ¿Por qué se aplican ordinariamente las señales vídeo de color a los cátodos del tubo de imagen en lugar de a las rejillas de control?

14. ¿Qué polaridad de la señal video es necesaria para excitar el cátodo del tubo de imagen?
15. Con referencia a la curva característica de la figura 5-16: (*a*) ¿cuál es la tensión de corte entre cátodo y rejilla? (*b*) ¿cuál es el valor de gamma de esta curva?
16. Con referencia a los circuitos de polarización de la figura 5-17: ¿cuál es la polarización rejilla-cátodo para los tres circuitos?
17. Enumerar los valores típicos para un tubo de imagen en color de 19 pulgadas de la tensión de calefactor, la corriente de calefactor, la polarización rejilla-catodo, la corriente del haz y la tensión de ánodo.
18. Comparar las funciones y los circuitos necesarios para el control de contraste y el control de brillo.
19. Explicar brevemente cómo se hacen los ajustes de gradación de la escala de grises.
20. ¿Cuál es la finalidad de la supresión del haz? ¿Cómo se aplica en el tubo de imagen?
21. ¿Qué se deberá ajustar cuando esté inclinada la trama?
22. ¿Qué se deberá ajustar cuando la trama sea demasiado verde?
23. ¿Qué se deberá ajustar cuando las rotulaciones blancas de la imagen tienen irisaciones azules, siempre a la derecha?
24. En la imagen, el blanco no se mantiene neutro entre poca y mucha y luminosidad. ¿Qué ajustes son necesarios?

PROBLEMAS

Soluciones de los problemas de número impar al final del libro

1. Referencia a la curva característica de tubo de imagen de la figura 5-16.(*a*) ¿Cuál es el valor de la corriente anódica para − 20 V en *G*1? (*b*) ¿Cuál es para − 10 V en *G*1?
2. El cátodo está a 240 V y la rejilla de control está a 190 V. ¿Cuáles son la tensión y la polaridad de la polarización de rejilla a cátodo?
3. ¿Cuál es el valor de la resistencia interna equivalente del haz electrónico con una corriente de haz de 1,2 mA a 25 kV?

PREGUNTAS ESPECIALES

1. ¿Por qué es importante el efecto del campo magnético terrestre sobre los tubos de imagen en color, pero no sobre los tubos monocromáticos?
2. Explicar la escala Kelvin para las mediciones de temperatura.
3. Comparar las ventajas y las desventajas de los tubos de imagen en color con un cañón en línea y con un cañón en delta.

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE PRUEBA

5-1 **a.** V (verdadero)
b. V
c. F (falso)
d. V

5-2 **a.** Antes
b. 60 Hz
c. Alta

5-3 **a.** Pureza de color
b. Convergencia
c. Mala convergencia

5-4 **a.** Centro
b. Estático
c. Azul

5-5 **a.** F
b. V
c. V

5-6 **a.** Monocromático
b. Vertical

5-7 **a.** −60 V
b. 140 V
c. Polarización de c.c.

5-8 **a.** Corte visual
b. Blanco
c. Polarización de c.c.
d. Tensión c.c.

5-9 **a.** F
b. V
c. F

6 Exploración y sincronización

El área rectangular de la pantalla del tubo de imagen explorada por el haz electrónico cuando éste es desviado horizontal y verticalmente es lo que se llama *trama.* La figura 6-1 muestra la trama de exploración iluminada sin información de imagen. Con la señal vídeo, el tubo de imagen reproduce ésta en la trama.

Además, la desviación o deflexión para la obtención de la trama debe estar sincronizada con la imagen. Para temporizar la exploración correctamente, se incluyen los impulsos de sincronización en la señal vídeo. La señal vídeo total tiene dos partes: variaciones de la señal de cámara para la imagen e impulsos de sincronización para la trama de exploración. Así, la señal vídeo contiene los impulsos de temporización necesarios para sincronizar la información de imagen en términos de valores de luz, oscuridad y color, con respecto a la posición en la pantalla en función de las desviaciones horizontal y vertical. En las siguientes secciones se dan más detalles:



Fig. 6 - 1. Trama de exploración en la pantalla del tubo de imagen. Esta trama no está entrelazada y no hay sincronismo vertical. Aquí están suprimidas normalmente las líneas de retraza vertical.

6-1 Forma de onda diente de sierra para exploración lineal

Como ejemplo de exploración lineal consideremos la forma de onda diente de sierra de la figura 6-2 como corriente de exploración para un tubo electromagnético. Esta corriente puede ser para desviación o deflexión vertical u horizontal. Supongamos que el valor de pico sea 400 mA. Si son necesarios 100 mA para producir una deflexión de 5 pulgadas (127 mm), entonces 400 mA desviarán el haz 4 × 5 = 20 pulgadas (508 mm). Por otra parte, el ascenso lineal en la onda diente de sierra proporciona incrementos iguales de 100 mA para cada uno de los cuatro períodos de tiempo iguales representados. Cada 100 mA adicionales desvían el haz otras 5 pulgadas (127 mm).

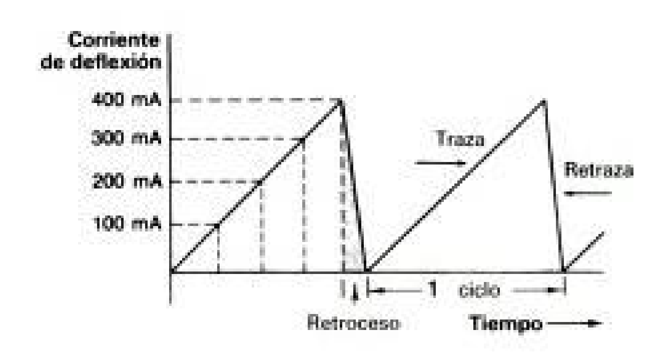


Fig. 6 - 2. Forma de onda de exploración diente de sierra utilizada para las deflexiones H y V.

Exploración horizontal. Este aumento lineal de la corriente en las bobinas de deflexión horizontal desvía el haz transversalmente en la pantalla con un movimiento continuo uniforme de la traza de izquierda a derecha. En el pico de la subida, se invierte el sentido de la onda diente de sierra y disminuye rápidamente hasta su valor inicial. Esta rápida inversión produce la *retraza*, o *retorno*.

La traza horizontal comienza en el borde izquierdo de la trama. Termina en el borde de la derecha, donde el haz vuelve al borde de la izquierda (fig. 6-3*a*). Obsérvese que la "subida" de la onda diente de sierra corresponde a la deflexión horizontal hacia la derecha.

Exploración vertical. Esta corriente de diente de sierra en las bobinas de deflexión vertical hace que el haz electrónico se desplace de arriba abajo de la trama. Mientras el haz electrónico está siendo desviado horizontalmente, la deflexión vertical del diente de sierra hace que el haz se mueva hacia abajo con velocidad uniforme. Así el haz produce las líneas horizontales situadas una debajo de otra.

La parte de la traza de la onda diente de sierra para exploración vertical desvía el haz hacia la parte inferior de la trama. Luego la rápida retraza vertical hace que el haz vuelva a la parte superior (fig. 6-3*b*). Obsérvese que la "subida" de la onda diente de sierra para la desviación vertical corresponde al aumento de la corriente, que desvía el haz hacia abajo.

Frecuencias de exploración. En un ciclo de la onda diente de sierra están incluidas la traza y la retra-

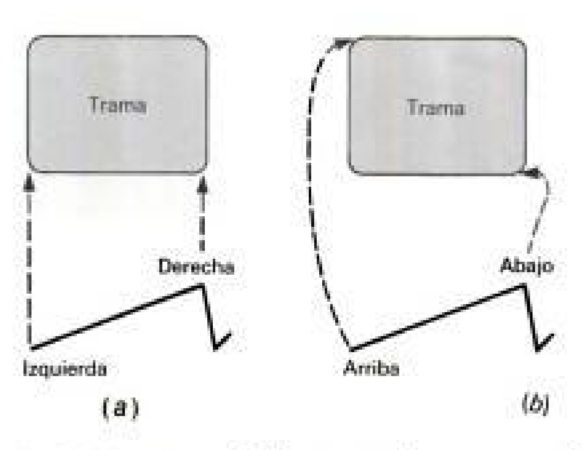


Fig. 6 - 3. Direcciones de la traza y la retraza en la forma de onda de exploración diente de sierra. (a) Deflexión H. (b) Deflexión V.

za. Como el número de líneas horizontales completas exploradas en un segundo es 15.750 para la deflexión horizontal, la frecuencia de las ondas diente de sierra es 15.750 Hz. En la deflexión vertical, la frecuencia de las ondas diente de sierra es igual a la frecuencia de exploración de campo de 60 Hz.

El movimiento de exploración vertical a 60 Hz es mucho más lento que la velocidad de barrido horizontal de 15.750 Hz. En consecuencia, se exploran muchas líneas horizontales durante un ciclo de la exploración vertical. Podemos considerar que la deflexión vertical hace que las líneas horizontales llenen la trama desde la parte superior hasta la inferior.

Tiempo de retraza. Durante el retorno, se borra toda la información de la imagen. Así la parte de retraza de la onda diente de sierra se hace todo lo corta posible, ya que la retraza significa un tiempo no aprovechado en la información de imagen. Para la exploración horizontal, el tiempo de retraza es aproximadamente el 10 % del tiempo necesario para la línea total. Como son necesarios 63,5 μs para explorar una línea completa, el 10 % de este valor es igual al tiempo de 6,35 μs de retorno horizontal. Las limitaciones prácticas de los circuitos que producen la forma de onda diente de sierra hacen que sea difícil producir un retorno más rápido.

Las ondas diente de sierra para deflexión vertical de frecuencia más baja tienen ordinariamente un tiempo de retorno menor que un 5 % del necesario para un ciclo completo. Por ejemplo, una retraza vertical del 3 % de 1/60 s es igual a 0,0005 s, o 500 μs. Aunque la retraza vertical es más rápida que la traza vertical, 500 μs es mucho más largo que el tiempo necesario para explorar una línea horizontal completa, o sea 63,5 μs. Realmente, en el tiempo de retraza vertical de 500 μs pueden ser exploradas ocho líneas aproximadamente.

En el sistema de televisión las líneas de exploración
las líneas impares omitiendo las líneas pares y después
horizontal están entrelazadas de modo que aparezcan dos
se exploran las líneas pares para completarse el cuadro
vistas de la imagen para cada cuadro. Se exploran todas
sin que haya ninguna pérdida de información de imagen.

Fig. 6 - 4. Ejemplo de líneas entrelazadas. Primero se leen las líneas impares y, a continuación, las líneas pares.

Preguntas de prueba 6-1
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál es más rápida, la traza o la retraza?
b. ¿Cuál dura más tiempo, la traza *H* o la retraza *V*?

6-2 Formato de la exploración entrelazada

En el procedimiento de exploración que ha sido universalmente adoptado se emplea la exploración horizontal de líneas pares e impares entrelazadas. Las especificaciones de la exploración de la FCC en EE.UU. para difusión de televisión dan un formato estándar de la exploración que incluye un total de 525 líneas horizontales en una trama rectangular cuya relación de aspecto es 4:3. Las tramas se repiten al ritmo de 30 por segundo con dos campos entrelazados en cada trama.

Procedimiento de entrelazado. La exploración entrelazada se puede comparar con una lectura de líneas entrelazadas escritas como en la figura 6-4. Aquí la información es continua en la página si se leen todas las líneas impares de arriba abajo y luego se vuelve a la parte superior para leer todas las líneas pares también de arriba abajo. Si la página entera se escribiese y leyese de acuerdo con este modelo de entrelazado, se obtendría la misma cantidad de información que cuando estuviese escrita de la manera usual, con todas las líneas en orden progresivo.

En la exploración entrelazada primero se exploran todas las líneas impares de arriba abajo, omitiendo las líneas pares. Después de este ciclo de exploración vertical, una rápida retraza vertical hace que el haz electrónico de exploración vuelva a la parte superior del cuadro. Luego son exploradas de arriba abajo todas las líneas pares, que fueron omitidas en la primera exploración.

Cada cuadro está, pues, dividido en dos campos. Todos los campos impares contienen las líneas impares del cuadro, mientras que todos los campos pares incluyen las líneas pares de exploración. Con dos campos por cuadro y 30 cuadros completos explorados por segundo, la velocidad de repetición de campo es 60 por segundo y la frecuencia de exploración vertical es 60 Hz. Realmente, la multiplicación por dos de la frecuencia de exploración vertical desde la velocidad de cuadro de 30 Hz hasta velocidad de campo de 60 Hz hace que el haz explore el cuadro por líneas alternadas.

La geometría del formato de exploración por líneas pares o impares alternadas está ilustrada en la figura 6-5. En realidad, el cañón electrónico dirige el haz hacia el centro, que es donde comienza la exploración. Sin embargo, por comodidad podemos seguir el movimiento partiendo de la esquina de la parte superior izquierda del cuadro en el punto A. Para esta línea 1, el haz barre transversalmente el cuadro con velocidad uniforme para cubrir todos los elementos de imagen en una línea horizontal. Al final de esta traza, el haz retorna rápidamente al lado izquierdo del cuadro, como se muestra por la línea discontinua en la ilustración, para iniciar la línea horizontal siguiente.

Obsérvese que las líneas horizontales se desvían oblicuamente hacia abajo en la dirección de exploración, debido a que la señal de deflexión vertical produce simultáneamente un movimiento de exploración vertical, que es muy lento comparado con la exploración horizontal. Obsérvese también que la pendiente de la traza horizontal de izquierda a derecha es mayor que durante el retorno de derecha a izquierda. La razón es que, por ser más rápido, el retorno no permite que el haz sea desviado verticalmente durante mucho tiempo.

Después de explorada la línea 1, el haz está en el lado izquierdo, dispuesto para explorar la línea 3, omitiendo la segunda línea. Este salto de línea se realiza por la duplicación de la frecuencia de exploración vertical desde 30 hasta 60 Hz. La deflexión del haz verticalmente a doble velocidad que la necesaria para explorar 525 líneas produce un período completo de exploración vertical para 262 $^1/_2$ líneas solamente, quedando líneas alternadas sin explorar. El haz electrónico explora todas las líneas impares. Luego llega finalmente a una posición, tal como la B en la figura, en la parte inferior del cuadro.

En el instante B comienza la retraza vertical a causa del retorno de la señal de deflexión vertical en diente de sierra. El haz vuelve a la parte superior del cuadro para comenzar la exploración del segundo campo, o campo par. Como muestra la figura 6-5, el haz se mueve desde el punto B hasta el punto C, cruzando cierto número de líneas horizontales.

Este tiempo de retorno vertical es suficientemente largo para que el haz explore varias líneas horizontales. Estas líneas se denominan de *retraza vertical*, entendiendo que son las líneas horizontales completas exploradas durante el retorno vertical. Obsérvese que las líneas de retraza vertical están inclinadas hacia arriba porque el haz está subiendo mientras explora horizontalmente. La pendiente hacia arriba de las líneas de retraza vertical es mayor que la pendiente hacia abajo de las líneas exploradas durante la traza vertical, a causa de que el retorno ascendente es mucho más rápido que la traza descendente. Las líneas exploradas durante esta retraza vertical no son visibles a causa de que el haz electrónico queda suprimido por la tensión de borrado durante el tiempo de retorno vertical. Así pues, las líneas de retraza vertical son *inactivas*.

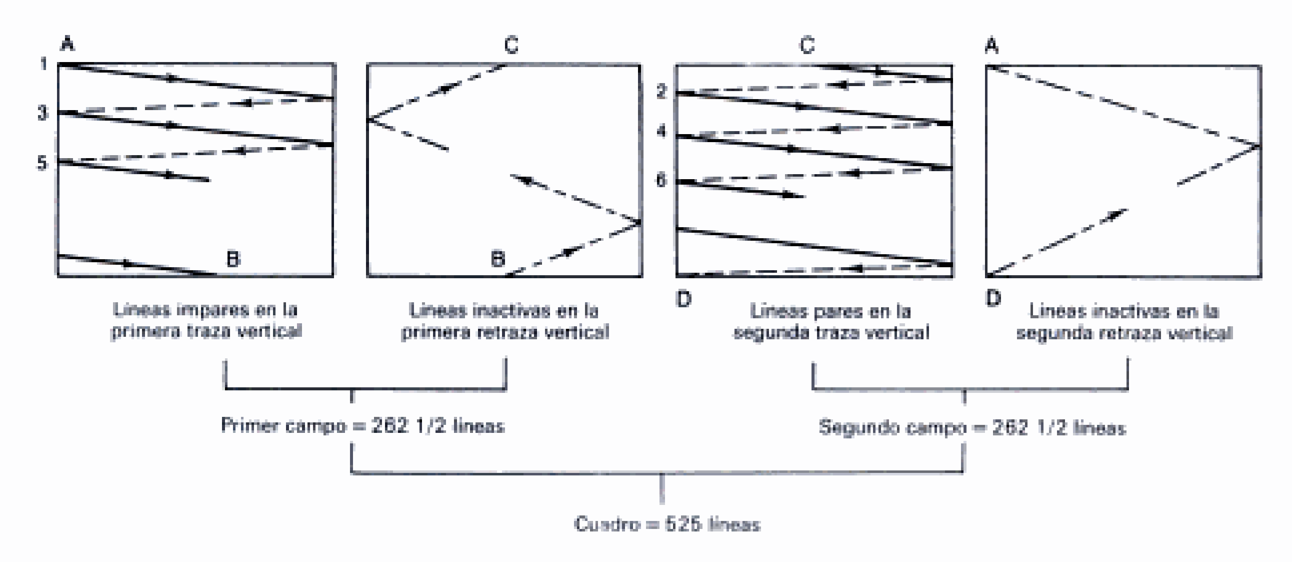


Fig. 6 - 5. Detalles de entrelazado con dos campos en un cuadro.

La exploración horizontal del segundo campo comienza cuando el haz está en el punto C de la figura 6-5. Este punto está en el centro (punto medio) de una línea horizontal a causa de que el primer campo contiene 262 líneas más media línea. Después de la exploración de la media línea desde el punto C, el haz explora la línea 2 en el segundo campo. Luego explora el espacio comprendido entre las líneas impares para producir las líneas pares que fueron omitidas durante la exploración del primer campo.

El movimiento en la exploración vertical es exactamente el mismo que en el campo precedente, dando a todas las líneas horizontales la misma pendiente descendente en el sentido de la exploración. En consecuencia, todas las líneas pares del segundo campo son exploradas hacia abajo hasta el punto D. Los puntos D y B están separados media línea entre sí a causa de que el segundo campo ha empezado en una media línea.

La retraza vertical en el segundo campo comienza en el punto D de la figura 6-5. Desde aquí, el retorno vertical lleva el haz a la parte superior. Como hay un número entero de líneas de retraza vertical, el haz termina la segunda retraza vertical en A. Siempre terminará la segunda retraza vertical allí donde ha empezado la primera traza a causa de que el número de líneas de retraza vertical es el mismo en ambos campos. En el punto A, el haz explorador ha completado precisamente dos campos, o sea, un cuadro, y está listo para iniciar el tercer campo.

Todos los campos impares comienzan en el punto A y son los mismos; y todos los pares comienzan en el punto C y también son los mismos. Puesto que el comienzo de la exploración de campo par en C se efectúa en el mismo nivel horizontal de A con una separación de media línea, y la pendiente de todas las líneas es la misma, las líneas pares de los campos pares caen exactamente entre las líneas impares de los campos impares. La condición esencial para este entrelazado de líneas, es que los puntos iniciales en la parte superior del cuadro estén separados exactamente media línea entre los campos par e impar.

Preguntas de prueba 6-2
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Requiere la exploración entrelazada un número par de líneas horizontales, o un número impar?
b. ¿Cuántas líneas horizontales hay en un campo impar o en un campo par?

6-3 Muestra de cuadro de exploración entrelazada

La figura 6-6 presenta una característica completa de exploración en que las formas de onda en diente de sierra horizontal y vertical correspondientes son un ejemplo de exploración entrelazada. Para mayor simplicidad se utiliza un total de 21 líneas en el cuadro, en lugar de 525. Las 21 líneas están entrelazadas en dos campos por cuadro. Cada campo contiene la mitad del total de 21 líneas, o sea, $10\ ^1/_2$ líneas. De las $10\ ^1/_2$ líneas de un campo, podemos suponer que es explorada una línea durante la retraza vertical para que el tiempo de este retorno tenga un valor conveniente. Entonces son exploradas $9\ ^1/_2$ líneas durante la traza vertical en cada campo.

El campo completo tiene $2 \times 9\ ^1/_2$, o 19 líneas, que son exploradas durante la traza vertical, más las dos líneas de retraza vertical.

Empezando en el ángulo superior izquierdo, punto A de la figura 6-6, el haz explora la línea primera de izquierda a derecha y retorna a la izquierda para comenzar la tercera línea del cuadro. Luego explora la tercera y las líneas impares sucesivas descendiendo hasta la parte inferior del cuadro.

Después de explorar $9\ ^1/_2$ líneas, el haz está en el punto B, en la parte inferior, cuando comienza el retorno vertical. Obsérvese que esta retraza vertical comienza en el punto medio de la línea horizontal. Durante la retraza vertical es explorada una línea (formada por dos medias líneas en la figura 6-6) inclinada hacia arriba en la dirección de la exploración. Durante esta retraza vertical el haz se desplaza hasta el punto C, separado del punto A por media línea exactamente, para comenzar la exploración del segundo campo.

A causa de esta separación de media línea entre los puntos A y C, las líneas exploradas en el campo par caen exactamente entre dos líneas impares del campo anterior. Entonces el haz explora $9\ ^1/_2$ líneas pares desde el punto C hacia abajo hasta D, donde comienza la retraza vertical del campo par. Esta retraza vertical comienza en

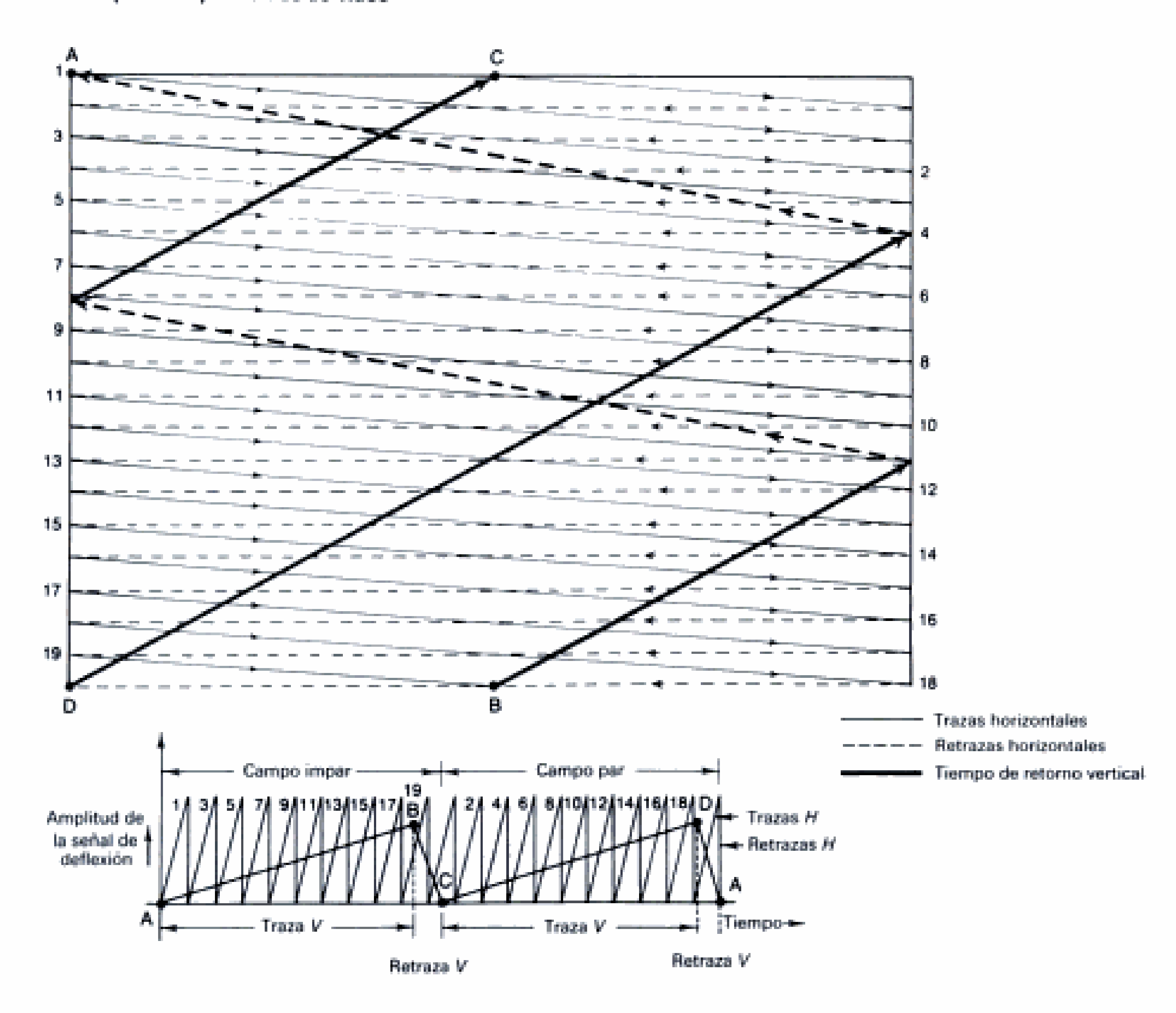


Fig. 6 - 6. Una muestra de la característica de exploración para 21 líneas entrelazadas por cuadro y 10 1/2 líneas por campo. Debajo están representadas las correspondientes formas de onda diente de sierra de deflexión H *y* V. *Comenzando en el punto A, la exploración continúa a través de B, C y D y vuelve nuevamente a A.*

donde principia una línea horizontal. El tiempo de retraza vertical es el mismo para ambos campos. Por consiguiente una línea de retraza vertical del segundo campo retorna al haz, es decir, lo devuelve, desde D en la parte inferior hasta A en el ángulo superior izquierdo del cuadro, en que comienza otro campo impar.

Se observará que los puntos en que se inicia la retraza vertical y la exploración descendente no tienen que ser exactamente como muestra la figura 6-6. Estos puntos podrían estar desplazados cualquier fracción de línea horizontal sin pérdida de entrelazado, siempre que se mantuviese la diferencia de media línea en el entrelazado.

La separación de media línea entre los puntos de iniciación en campos alternados se produce automáticamente en las señales de deflexión en diente de sierra y el movimiento de exploración a causa de que hay un número impar de líneas por cada número par de campos. Por consiguiente, así

se asegura el entrelazado correcto siempre que las frecuencias necesarias de las señales de exploración vertical y horizontal en diente de sierra se mantengan con precisión y que el tiempo de bajada de la onda en diente de sierra vertical sea constante en todos los campos.

Preguntas de prueba 6-3
Respuestas al final del capítulo

Referencia a la característica de exploración de la figura 6-6.

a. ¿Cuántas líneas *H* hay en un cuadro completo?
b. ¿Cuántas líneas *H* hay en cada campo?
c. ¿Cuántas líneas *H* hay en cada retraza *V*?

6-4 Parpadeo

Se emplea exploración entrelazada a causa de que el efecto de parpadeo es despreciable con 60 vistas de la imagen presentadas en cada segundo. Aunque la velocidad de repetición de cuadro sea 30 por segundo, la imagen queda borrada durante cada retraza vertical, o 60 veces por segundo. Entonces el cambio desde el oscurecimiento entre imágenes a la presencia de imagen es demasiado rápido para que sea perceptible.

Si en lugar de la exploración entrelazada se utilizara una exploración progresiva, con todas las líneas del cuadro exploradas sencillamente en orden sucesivo de arriba abajo, sólo habría 30 ennegrecimientos o borrados por segundo y esto daría lugar a un parpadeo recusable. La exploración de 60 cuadros completos por segundo en forma progresiva eliminaría también el parpadeo de la imagen, pero la velocidad de la exploración horizontal resultaría duplicada, lo cual a su vez duplicaría las frecuencias vídeo correspondientes a los elementos de imagen de una línea.

Aunque la mayor velocidad de borrado con exploración entrelazada elimina considerablemente el efecto de parpadeo de la imagen en conjunto, el hecho de que las líneas individuales estén entrelazadas puede producir parpadeo en pequeñas áreas de la imagen. Todas las líneas de la imagen son iluminadas 30 veces por segundo, lo cual hace que se reduzca la velocidad de parpadeo de una línea única a la mitad que la de la imagen entrelazada en conjunto.

La menor velocidad de parpadeo de las líneas individuales puede ser causa de dos efectos en la imagen llamados respectivamente *centelleo entre líneas* y *serpenteo de líneas*. El centelleo entre líneas se evidencia algunas veces como saltos de delgados objetos horizontales en la imagen, tales como la línea del tejado de una casa. El serpenteo de líneas es un movimiento perceptible de las líneas de exploración arriba y abajo a través de la imagen, debido a la sucesiva iluminación de líneas adyacentes. Estos efectos pueden ser percibidos algunas veces en las partes brillantes de la imagen a causa de que el ojo percibe el parpadeo más fácilmente con altos niveles de brillo.

Preguntas de prueba 6-4
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso

a. El parpadeo está originado por cambios entre negro y blanco.
b. Aumentando la velocidad de borrado vertical se empeora el parpadeo.

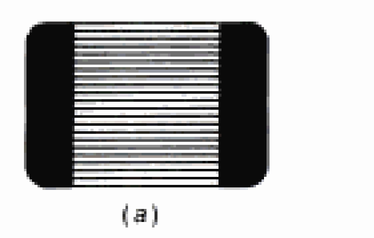
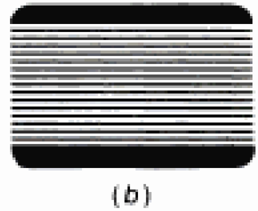
6-5 Distorsiones de la trama

Como la información de imagen es reproducida en las líneas de exploración, las distorsiones de la trama se evidencian también en la imagen. Para obtener una buena imagen, es necesario que la trama sea rectangular, que la proporción de la anchura a la altura sea correcta y, finalmente, que la deflexión sea uniforme.

Relación de aspecto incorrecta. La figura 6-7 ilustra dos casos de distorsión de la trama. En la figura 6-7*a*, la trama no es suficientemente ancha con relación a su altura, comparada con la relación de aspecto 4:3 que se emplea en el tubo de cámara. Por esto aparecen las personas en la imagen demasiado altas y delgadas, con la misma distorsión geométrica que la trama. Ésta necesita más anchura.

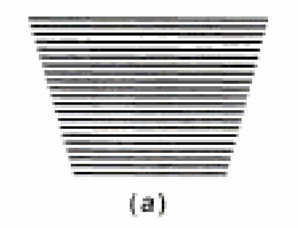
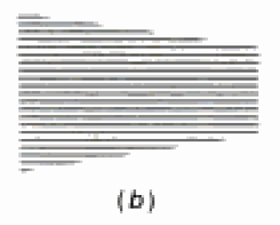
En la figura 6-7*b* la trama es demasiado corta para su anchura y las personas aparecen demasiado bajas y gruesas en la imagen. Esta trama necesita más altura.

Tanto en la figura 6-7*a*, como en la 6-7*b*, estos defectos están causados generalmente por insuficiente salida de los circuitos de deflexión horizontal o vertical.

(*a*) (*b*)

Fig. 6 - 7. Relación de aspecto incorrecta en la trama. Las áreas negras presentan partes de la pantalla no cubiertas por las líneas de exploración. (a) *Anchura insuficiente. Demasiada área negra a la izquierda y a la derecha.* (b) *Insuficiente altura. Demasiada área negra arriba y abajo.*

(*a*) (*b*)

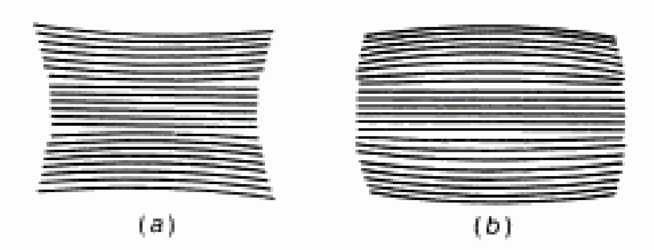
Fig. 6 - 9. Trama trapecial. (a) *Lados laterales inclinados debido a deflexión horizontal asimétrica.* (b) *Inclinación de los lados superior e inferior debida a deflexión vertical asimétrica.*

Distorsiones en cojín y en barril. Si la deflexión no es uniforme en los bordes de la trama, con respecto al centro, ésta no tendrá bordes rectos. Si las líneas de exploración están incurvadas hacia el centro como en la figura 6-8*a*, el efecto será una *distorsión en cojín* o *acerico*. La *distorsión en barril* aparece en la figura 6-8*b*.

La distorsión en cojín constituye una dificultad en los tubos de imagen de pantalla grande. Como la cara frontal es casi plana, la distancia es más larga desde el punto de deflexión hasta las esquinas de la pantalla. El haz electrónico se desvía más en las esquinas que en el centro, dando lugar a una trama cuyas esquinas aparecen más distanciadas.

Sin embargo, esta distorsión puede ser corregida por un campo magnético compensador. Para la corrección de esta distorsión se montan pequeños imanes permanentes en el yugo de deflexión de los tubos de imagen en blanco y negro. Con tubos de imagen en color, la corriente de deflexión en el yugo se modifica por circuitos de corrección de la distorsión en cojín, o mediante yugos especialmente diseñados para ello.

Distorsión trapecial. En la figura 6-9 *a* las líneas de exploración son más largas en la parte superior que en la parte inferior. Esta trama tiene la forma de un trapecio y el efecto se denomina *distorsión trapecial*. La causa es una deflexión asimétrica, ya sea de izquierda a derecha, como en la figura 6-9*a*, o de abajo arriba, como en la figura 6-9*b*. En los tubos de imagen, la simetría de la exploración se consigue mediante bobinas equilibradas montadas en el yugo de deflexión. La trama trapecial es originada por un yugo de deflexión defectuoso.



(*a*) (*b*)

Fig. 6 - 8. (a) *Efecto de cojín en la trama.* (b) *Distorsión en barril.*

Exploración no lineal. La forma de onda en diente de sierra con ascenso lineal durante el tiempo de traza produce la exploración lineal cuando el haz se desplaza a velocidad constante. Sin embargo, con exploración no lineal el movimiento del haz es demasiado lento o demasiado rápido. Si el punto luminoso de exploración en el tubo de imagen del receptor se mueve demasiado lentamente, comparado con la exploración en el tubo de cámara del transmisor, la información de imagen resulta comprimida o bien, si la exploración de la pantalla del tubo de imagen es demasiado rápida, la información de la imagen reproducida resulta diseminada. Ordinariamente, la exploración no lineal ofrece ambos efectos en los extremos opuestos de la trama. Esto está ilustrado en la figura 6-10 para una línea horizontal con los elementos de la imagen diseminados en la izquierda y comprimidos en la derecha. Cuando se produce el

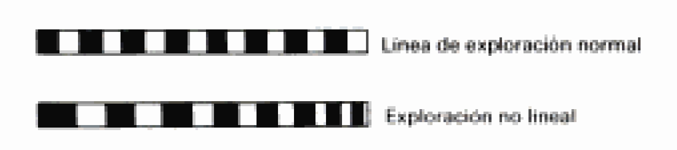


Fig. 6 - 10. Compresión en la parte de la derecha causada por exploración horizontal no lineal.

mismo efecto en todas las líneas horizontales de la trama, la imagen resulta diseminada en el lado izquierdo y comprimida en el derecho. Las personas aparecen demasiado gruesas a la izquierda y demasiado delgadas a la derecha.

También ha de ser uniforme el movimiento de exploración vertical. De otro modo, las líneas horizontales quedarán comprimidas en las partes superior o inferior de la trama y diseminadas en el extremo opuesto. Este efecto está ilustrado en la figura 6-11. Las personas aparecen deformadas en la imagen con piernas cortas y cabeza larga. La exploración no lineal está causada generalmente por distorsión de amplitud de la forma de onda diente de sierra en los circuitos amplificadores de deflexión.

Exploración entrelazada deficiente. En cada campo, la traza vertical debe empezar separada exactamente media línea del principio del campo anterior para el entrelazado de líneas pares o impares alternadas. Si el movimiento descendente está desplazado ligeramente de su posición correcta, el haz empieza su exploración demasiado cerca de una de las líneas del campo precedente, en lugar de explorar exactamente entre líneas. Esta posición inicial incorrecta produce desplazamiento vertical entre las líneas impares y pares, lo que afecta a todo el campo. En consecuencia, hay pares de líneas que están demasiado próximas y otras que están demasiado separadas. Así se podrá ver demasiado espacio entre las líneas blancas de exploración. Este defecto de la exploración entrelazada es lo que se llama *pareamiento de líneas*. En casos extremos, las líneas de cada campo sucesivo pueden ser exploradas exactamente sobre las líneas del campo anterior. Entonces la trama contiene sólo la mitad del número usual de líneas horizontales.

Cuando la imagen tiene líneas diagonales como parte integrante de ella, el entrelazado deficiente hace que aparezcan entremezcladas en el efecto llamado "moiré" representado en la figura 6-12. A

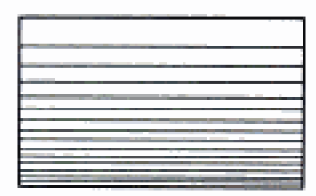


Fig. 6 - 11. Compresión de líneas en la parte inferior causadas por exploración vertical no lineal.



Fig. 6 - 12. Ejemplo de entrelazado defectuoso. Las divisiones de las líneas en las cuñas horizontales de la figura de prueba está mezcladas produciendo un efecto de "moiré".

este efecto se le llama también *cola de pescado*, y se evidencia más en la información diagonal de imagen cuando el entrelazado varía entre las tramas sucesivas.

El entrelazado deficiente está originado por una sincronización vertical inexacta. Aunque el período de un campo es 1/60 s, que constituye un intervalo de tiempo relativamente largo, la exploración vertical de cada campo debe estar sincronizada mucho más exactamente para que el entrelazado sea bueno. Si la sincronización vertical está desajustada 0,25 μs en un campo en comparación con el siguiente, los campos entrelazados están desplazados una distancia igual a la longitud de un elemento de imagen.

Preguntas de prueba 6-5
Respuestas al final del capítulo

Referencia a las figuras 6-7 a 6-11. ¿Qué figuras ilustran las siguientes distorsiones de trama?

a. Altura insuficiente.
b. Distorsión en cojín.
c. Aglomeración en la parte inferior.

6-6 Impulsos de sincronización

En el tubo de imagen, el haz de exploración debe volver a agrupar los elementos de imagen de cada línea horizontal con la misma posición relativa de izquierda a derecha que los de la imagen en el tubo de cámara. Además, cuando el haz explora verticalmente, las líneas sucesivas en la pantalla del tubo de imagen deben presentar los mismos elementos de imagen que los de las líneas correspondientes en el tubo de cámara. Para ello se transmite un impulso de sincronismo horizontal por cada línea horizontal, a fin de conservar sincronizada la exploración horizontal, y en cada campo se transmite un impulso de sincronismo vertical para sincronizar el movimiento de exploración vertical. Los impulsos de sincronismo horizontal tienen una frecuencia de 15.750 Hz, y la frecuencia de los impulsos de sincronismo vertical es 60 Hz.

Los impulsos de sincronización se transmiten como parte integrante de la señal de vídeo, pero son enviados durante los períodos de borrado en que no se transmite información alguna. Esto es posible a causa de que el impulso de sincronización inicia la retraza, ya sea horizontal o vertical, y por consiguiente se produce durante el tiempo de borrado. Las señales de sincronismo se combinan de manera que parte de la amplitud de la señal de vídeo modulada se utiliza para los impulsos de sincronización y el resto para la señal de cámara. En inglés se emplea la abreviatura *sync* para designar los impulsos de sincronización o sincronismo.

La forma de los impulsos de sincronismo está representada en la figura 6-13. Obsérvese que todos tienen la misma amplitud, pero su anchura o su forma de onda es diferente. Están representados de izquierda a derecha tres impulsos horizontales, un grupo de seis impulsos igualadores, un impulso vertical almenado o fraccionado y seis impulsos igualadores adicionales que van seguidos de otros tres impulsos horizontales. Hay impulsos horizontales adicionales después del último representado, siguiéndose sucesivamente uno a otro en la frecuencia de línea horizontal hasta que se producen los impulsos igualadores nuevamente para comenzar el campo siguiente. Para cada campo debe haber un impulso vertical ancho. Las hendiduras son cortes o aberturas en la amplitud del impulso.

Cada impulso de sincronismo vertical se extien-de en un período igual a seis medias líneas o tres líneas horizontales completas, por lo que es más ancho que el impulso horizontal. La razón de esto es que los impulsos verticales deben tener una forma completamente distinta de la de los impulsos horizontales. Luego los impulsos verticales pueden estar completamente separados de los horizontales en el receptor. Una parte del circuito de sincronismo proporciona señales de sincronización vertical sólo mientras la otra sólo proporciona la sincronización o sincronismo horizontal.

Las cinco hendiduras están insertadas en el impulso vertical a intervalos de media línea. Los impulsos igualadores también están espaciados a intervalos de media línea. Estos impulsos de media línea pueden servir para la sincronización horizontal, utilizándose impulsos alternados para los campos pares e impares. Como los impulsos igualadores se repiten a intervalos de media línea, su velocidad de repetición es 2 × 15.750= 31.500 Hz.

El motivo por el que se utilizan impulsos igualadores es facilitar la sincronización vertical. Su efecto es proveer formas de onda idénticas en la señal de sincronización vertical, separadas para

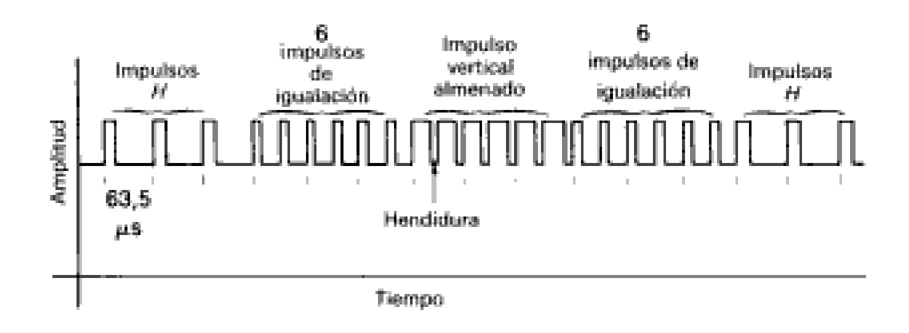
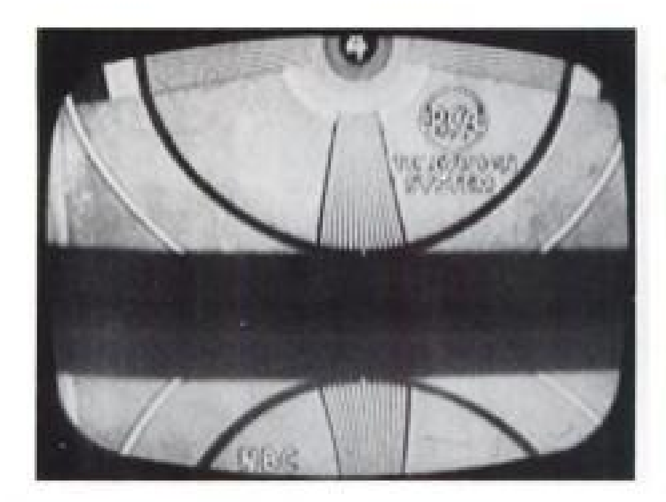


Fig. 6 - 13. Impulsos de sincronismo.



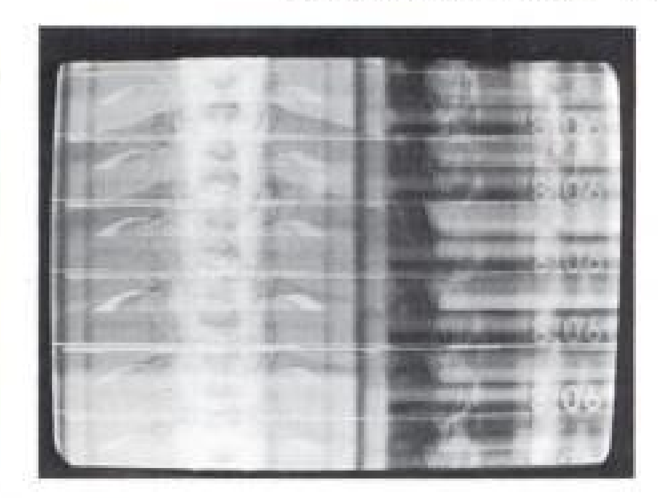


Fig. 6 - 14. La imagen se desplaza subiendo o bajando sin sincronismo vertical.

los campos pares e impares a fin de que pueda ser obtenida una sincronización constante y obtener un buen entrelazado.

Las señales de sincronismo no producen exploración. Son necesarios circuitos generadores de onda diente de sierra (base de tiempos) para la provisión de deflexión del haz electrónico que produce la trama de exploración. Sin embargo, los impulsos de sincronismo sincronizan los circuitos de exploración y, por tanto, hacen posible que la información de imagen reproducida en la trama se mantenga estable en su posición correcta.

Sin el sincronismo vertical, la imagen reproducida aparece desplazándose verticalmente arriba y abajo en la pantalla (fig. 6-14). La razón es que los cuadros sucesivos de la imagen no se superponen exactamente cada uno con el siguiente. La barra negra transversal en la imagen de la figura 6-14 corresponde al borrado vertical, que normalmente debe estar en las partes superior e inferior de la imagen, fuera de la pantalla.

Sin sincronismo horizontal, la imagen se desliza a la izquierda o a la derecha y entonces se rompe o fracciona la estructura de líneas en segmentos diagonales de la imagen (fig. 6-15). Resultan grupos de líneas horizontales a causa de que se utiliza un circuito de control automático de frecuencia (CAF) para el sincronismo horizontal. Las barras negras diagonales de la figura 6-15 son partes de las barras de borrado normalmente localizadas en los lados de la imagen, fuera de la pantalla.

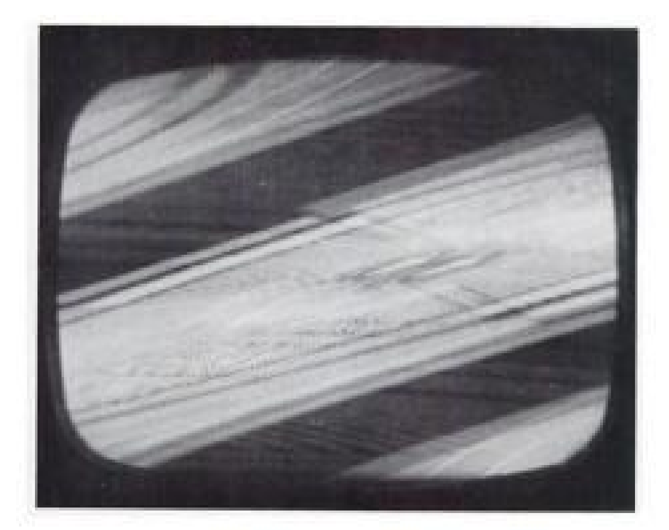


Fig. 6 - 15. La imagen se desgarra en segmentos diagonales sin sincronismo horizontal.

Preguntas de prueba 6-6
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Todos los impulsos de sincronización tienen la misma amplitud.
b. La frecuencia de los impulsos igualadores es de 30 Hz.
c. Los impulsos de sincronismo *H* tienen una frecuencia más alta que los impulsos de sincronismo *V*.

TABLA 6-1
FRECUENCIAS DE EXPLORACIÓN, SINCRONISMO Y BORRADO

FRECUENCIA, Hz	APLICACIÓN
60	Sincronismo *V* para temporizar la exploración *V* de campo
60	Exploración *V* para llenar la trama
60	Exploración *V* para borrar las retrazas *V*
15.750	Sincronismo *H* para temporizar la exploración *H*
15.750	Exploración *H* para producir las líneas
15.750	Borrado *H* de las retrazas *H*
31.500	Impulsos de ecualización

6-7 Frecuencias de exploración, sincronización y borrado

Los impulsos de sincronización y borrado tienen siempre la misma frecuencia que la exploración. Estos valores están resumidos en la tabla 6-1. Para la deflexión vertical, la forma de onda en diente de sierra de la exploración tiene una frecuencia de 60 Hz a causa de que está determinada por los impulsos de sincronismo vertical (*V*) repetidos cada 1/60 s. La retraza vertical no es visible a causa de que el retorno es disparado por los impulsos de sincronismo vertical durante el tiempo del impulso de borrado vertical.

Análogamente, en la deflexión horizontal, la forma de onda de exploración diente de sierra tiene la frecuencia de 15.750 Hz a causa de que es esta la frecuencia de repetición de los impulsos de sincronismo horizontal. La retraza o retorno horizontal no es visible a causa de que se efectúa durante el tiempo de borrado horizontal.

Los grupos de impulsos igualadores o de ecualización se repiten cada 1/60 s, pero cada uno de ellos es espaciado a intervalos de media línea con la frecuencia de 31.500 Hz. La función de estos impulsos es ecualizar, o sea, repartir igualmente la sincronización vertical en campos pares e impares para obtener un buen entrelazado. Sin embargo, no hay exploración ni borrado en la frecuencia del impulso igualador de 31.500 Hz.

En la televisión en color la frecuencia *V* de campo es exactamente 59,94 Hz y la frecuencia de línea *H* es 15.734,26 Hz. Estos valores se derivan como submúltiplos de la frecuencia subportadora de color exacta de 3,579545 MHz. Los cálculos se explican en el capítulo 8 "Circuitos y señales de televisión en color". Sin embargo, estas frecuencias se aproximan tanto a las de 60 y 15.750 Hz que se pueden sincronizar fácilmente los circuitos de deflexión para las exploraciones *V* y *H*. En televisión en color, cuando se varían ligeramente las frecuencias de exploración *V* y *H* también se cambian a las nuevas frecuencias los impulsos de sincronismo y de borrado. Un circuito de exploración sincronizado se ajusta automáticamente en la frecuencia de sincronismo. En cualquier caso, se pueden considerar los valores de la tabla 6-1 como valores nominales de las frecuencias de exploración, sincronismo y borrado para televisión.

Preguntas de prueba 6-7
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuáles son las frecuencias de exploración *V*, sincronismo *V* y borrado *V*?
b. ¿Cuáles son las frecuencias de exploración *H*, sincronismo *H* y borrado *H*?

RESUMEN

1. La forma de onda en diente de sierra para la deflexión proporciona la exploración lineal. La subida lineal del diente de sierra es la parte de traza; la bajada brusca de amplitud produce la retraza, o retorno. En un ciclo están incluidas la traza y la retraza.
2. La frecuencia de la forma de onda en diente de sierra para la deflexión horizontal es la frecuencia de líneas horizontales de 15.750 Hz.
3. La frecuencia de la forma de onda en diente de sierra para la deflexión vertical es la frecuencia de campo de 60 Hz. El tiempo de retorno vertical, del 5 % o menos de 1/60 segundo, es suficientemente largo para explorar varias líneas completas. Estas líneas horizontales exploradas durante la retraza vertical son las de retorno vertical.
4. En el entrelazado de líneas se utiliza un número impar de líneas (525) con un número par de campos (60), de modo que cada campo tiene un número entero de líneas más media línea. Los campos sucesivos comienzan la exploración con una separación de media línea con respecto al campo anterior, entrelazándose las líneas impares y las líneas pares del cuadro.
5. La exploración entrelazada suprime el parpadeo a causa de que la frecuencia de borrado vertical es 60 Hz, al mismo tiempo que se mantiene la frecuencia de 30 Hz para los cuadros completos de imagen.
6. Con relación de aspecto incorrecta, las personas pueden aparecer en la imagen demasiado altas o demasiado bajas, por una incorrecta distribución de la trama (fig. 6-7).
7. Las distorsiones de la trama de exploración incluyen los efectos trapeciales, de cojín y de barril (fig. 6-8 y 6-9).
8. La exploración no lineal disemina o bien comprime, según los casos, la información de imagen en un extremo de la trama en comparación con el extremo opuesto. Este efecto distorsiona también la forma de las personas que aparecen en la imagen (figs. 6-10 y 6-11).
9. Los impulsos de sincronización temporizan la exploración con respecto a la posición de la información de imagen en la trama. Los impulsos de sincronismo horizontal sincronizan cada línea a 15.750 Hz; los impulsos de sincronismo vertical sincronizan cada campo a 60 Hz. Todos los impulsos de sincronismo tienen la misma amplitud, pero para la sincronización vertical se emplea un impulso mucho más ancho. Los impulsos ecualizadores y las hendiduras en los impulsos verticales se producen a intervalos de media línea con una frecuencia de 31.500 Hz.

AUTOEXAMEN

Respuestas al final del libro

Elegir (a), (b), (c) o (d).

1. En la forma de onda en diente de sierra para la exploración lineal: (a) la subida lineal corresponde al retorno; (b) el ciclo completo incluye la traza y la retraza; (c) la inversión brusca de la amplitud produce la traza; (d) el haz se mueve más deprisa durante la traza que durante la retraza.

2. Con un tiempo de retraza vertical de 635 μs, el número de líneas horizontales completas exploradas durante el retorno vertical es: (a) 10; (b) 20; (c) 30, (d) 63.
3. Media línea de separación entre las posiciones iniciales para la exploración de los campos pares y de los campos impares produce: (a) una exploración lineal; (b) el pareamiento de líneas; (c) efecto de cola de pescado; (d) entrelazado exacto.
4. El número de líneas exploradas por cuadro en la trama de la pantalla del tubo de imagen es (a) 525; (b) 262 1/2; (c) 20; (d) 10.
5. En el cuadro entrelazado son saltadas líneas alternadas (una sí y otra no) durante la exploración vertical a causa de que (a) la traza es más lenta que la retraza; (b) la frecuencia de exploración vertical se duplica desde 30 hasta 60 Hz; (c) la exploración horizontal es más lenta que la exploración vertical; (d) el cuadro tiene una relación de aspecto de 4:3.
6. Si el retorno horizontal es del 10%, este tiempo es igual a (a) 10 μs; (b) 56 μs; (c) 6,4 μs; (d) 83 μs.
7. ¿Cuál de las siguientes proposiciones es falsa? (a) Pareamiento de líneas indica entrelazado deficiente. (b) Las personas aparecen demasiado altas y delgadas en una trama cuadrada en la pantalla del tubo de imagen. (c) Una persona puede aparecer como si tuviera un hombro más ancho que otro a causa de que la exploración horizontal no es lineal. (d) El efecto trapecial produce una trama cuadrada.
8. La anchura de un impulso de sincronismo vertical con sus hendiduras incluye el tiempo de (a) seis medias líneas, o tres líneas; (b) cinco líneas; (c) tres medias líneas; (d) cinco medias líneas.
9. Los circuitos generadores de forma de onda diente de sierra (base de tiempos) producen la exploración de la trama, pero los impulsos de sincronismo son necesarios para (a) la linealidad; (b) la sincronización; (c) suprimir el efecto trapecial; (d) el pareamiento de líneas.
10. ¿Cuál de las siguientes frecuencias es incorrecta? (a) 15.750 Hz para sincronismo horizontal y exploración; (b) 60 Hz para sincronismo vertical y exploración; (c) 31.500 Hz para impulsos igualadores y hendiduras en el impulso de sincronismo vertical; (d) 31.500 Hz para la frecuencia de exploración vertical.

PREGUNTAS DE ENSAYO

1. Dibujar la característica de exploración entrelazada, en dos campos, con un total de 25 líneas por cuadro. Dibujar también las formas de onda diente de sierra correspondientes a la exploración horizontal y la vertical, como en la figura 6-6. Se supone que es explorada una línea durante cada retorno vertical.
2. Definir los términos siguientes: *(a)* trama de exploración; *(b)* efecto de cojín o acerico; *(c)* pareamiento de líneas; *(d)* parpadeo entre líneas; *(e)* efecto moiré.
3. ¿Por qué las líneas exploradas durante la traza vertical están mucho más próximas entre sí que las líneas exploradas durante el retorno vertical?
4. Suponer que la forma de onda en diente de sierra para la exploración vertical tiene una traza que sube demasiado rápidamente al principio y se aplana en la parte superior. ¿Estarán aglomeradas las líneas de exploración en la parte superior o en la

parte inferior de la trama en la pantalla del tubo de imagen? ¿Cómo aparecerán las personas en la imagen?

5. Dibujar dos ciclos de una forma de onda diente de sierra de 15.750 Hz, indicando que la retraza es igual a 0,08H a escala exacta. Rotular la traza, la retraza y el tiempo de un ciclo en microsegundos.
6. Dibujar dos ciclos de una forma de onda diente de sierra de 60 Hz, indicando que la retraza es igual a 0,04V a escala exacta. Indicar el tiempo de la traza, la retraza y el tiempo de un ciclo en microsegundos.
7. ¿Dónde está el haz explorador en el instante de la *(a)* iniciación de la subida lineal en la forma de onda diente de sierra H; *(b)* iniciación de la caída en el diente de sierra H; *(c)* iniciación de la subida lineal en la forma de onda diente de sierra V; *(d)* iniciación de la caída en el diente de sierra V?

PROBLEMAS

Soluciones de los problemas de número impar al final del libro

1. ¿Cuántas líneas de retorno se producen durante la retraza vertical para cada campo y para cada cuadro cuando el tiempo de retraza es 0,03V?
2. Comparar el tiempo, en microsegundos, para un retorno horizontal igual a 0,08H y un retorno vertical a 0,03V.
3. *(a)* ¿Cuánto tiempo transcurre entre el principio de un impulso horizontal de sincronismo y el siguiente? *(b)* ¿Cuánto tiempo transcurre entre un impulso vertical en un campo impar y el siguiente en un campo par?
4. Referencia a las formas de onda diente de sierra de la figura 6-16. Para polaridades opuestas en las figuras 6-16 *a* y *b*, indicar la traza y la retraza en cada diente de sierra H y, también, las correspondientes en los lados de la izquierda y de la derecha de la trama. Para las polaridades opuestas representadas en las figuras 6-16 *c* y *d*, indicar la traza y la retraza en cada diente de sierra V y también las correspondientes entre los bordes superior e inferior de la trama.
5. ¿Qué frecuencias corresponden a los siguientes intervalos de tiempo para un ciclo? *(a)* 1/60 s; *(b)* 63,5 μs; *(c)* 53,3 μs.

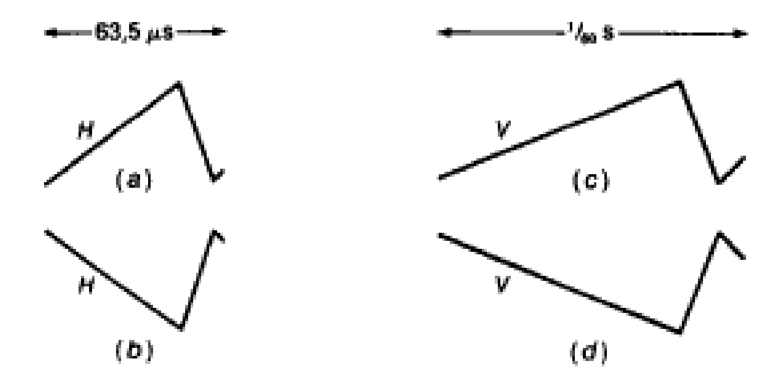


Fig. 6 - 16. Corresponde al problema 4.

PREGUNTAS ESPECIALES

1. ¿Por qué se desliza subiendo o bajando en la pantalla la imagen de televisión?
2. ¿Puede haber una trama de exploración en la pantalla sin la imagen?
3. ¿Por qué en las películas cinematográficas no hay el problema de sincronización de las líneas horizontales de exploración?

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE PRUEBA

6-1 **a.** Retraza
b. Retraza *V*
6-2 **a.** Impar
b. 262 $^1/_2$
6-3 **a.** 21
b. 10 $^1/_2$
c. Una
6-4 **a.** V (verdadero)
b. F (falso)
6-5 **a.** Figura 6-7 *b*
b. Figura 6-8 *a*
c. Figura 6-11
6-6 **a.** V
b. F
c. V
6-7 **a.** 60 Hz
b. 15.750 Hz

7

Análisis de la señal vídeo

Las tres partes de la señal vídeo compuesta, ilustrada en la figura 7-1, son (1) la señal de cámara correspondiente a las variaciones de luz en la escena; (2) los impulsos de sincronización, o sincronismo, para la exploración; y (3) los impulsos de borrado que hacen invisibles las retrazas. La señal de cámara de la figura 7-1*a* está combinada con el impulso de borrado en la figura 7-1*b*. Luego se añade el sincronismo para producir la señal vídeo compuesta en la figura 7-1*c*. El resultado que aquí se muestra es la señal para una línea horizontal de exploración. Para la televisión en color son añadidas la señal de crominancia de 3,58 MHz y el impulso de sincronismo de color o "burst".

Dadas las señales para todas las líneas, la señal vídeo compuesta contiene toda la información necesaria para la imagen completa, línea por línea, y campo por campo. En el tubo de imagen se utiliza la señal vídeo para reproducir la imagen en la trama de exploración. En las siguientes secciones se dan más detalles acerca de la señal vídeo compuesta y de cómo afecta a la reproducción de la imagen:

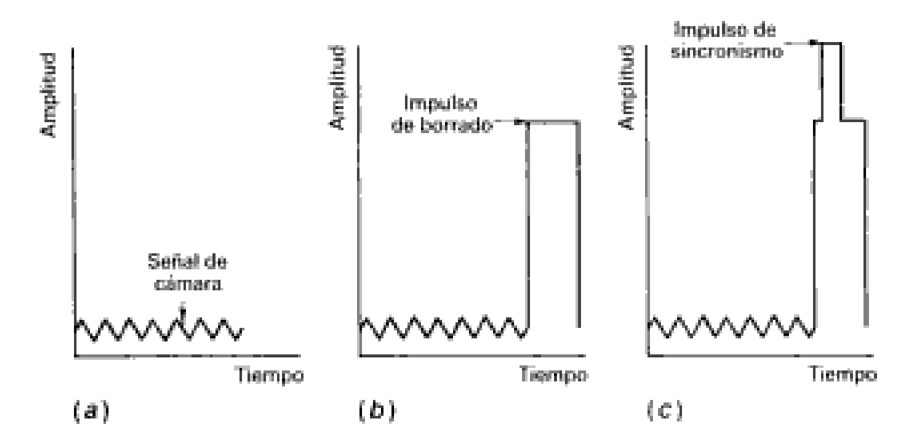


Fig. 7 - 1. Las tres componentes de la señal vídeo compuesta son las variaciones de la señal de cámara, los impulsos de borrado y los impulsos de sincronismo. (a) Señal de cámara para una línea horizontal. (b) Impulso de borrado H *añadido a la señal de cámara. (c) Impulso de sincronismo* H *añadido al impulso de borrado.*

7-1 Construcción de la señal vídeo compuesta

En la figura 7-2 están indicados los valores sucesivos de las amplitudes de tensión y de corriente para la exploración de dos líneas horizontales en la imagen. Cuando aumenta el tiempo en la dirección horizontal, las amplitudes varían para los matices de blanco, gris y negro en la imagen. Empezando en el extremo de la izquierda de la figura, en el instante cero, la señal está en un nivel de blanco y el haz explorador está en el lado izquierdo de la imagen. Cuando es explorada la primera línea de izquierda a derecha, son obtenidas las variaciones de señal de cámara con varias amplitudes que corresponden a la información de imagen necesaria. Después de que la traza horizontal produce la señal de cámara para una línea, el haz explorador está en el lado derecho de la imagen. Luego se inserta el impulso de borrado para poner la amplitud de la señal vídeo al nivel de negro para que sea invisible la retraza.

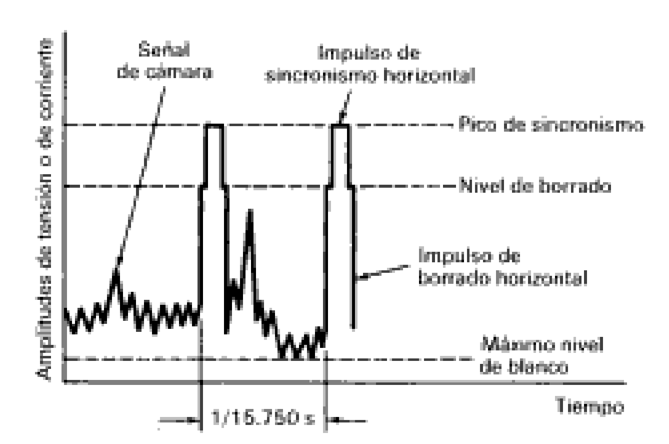


Fig. 7 - 2. Señal vídeo compuesta correspondiente a dos líneas horizontales.

Después de transcurrido un tiempo de borrado suficientemente largo para que quede incluida la retraza, se suprime la tensión de borrado. Entonces el haz explorador está en el lado de la izquierda, dispuesto a explorar la línea siguiente. De esta manera son exploradas sucesivamente las líneas horizontales. Obsérvese que la segunda línea muestra una información oscura de imagen cercana al nivel del negro.

Con respecto al tiempo, las amplitudes de la señal inmediatamente después del borrado en la figura 7-2 representan la información correspondiente al lado izquierdo en el comienzo de una línea de exploración. Inmediatamente antes del borrado, las variaciones de señal corresponden al lado derecho. La información en el centro exacto de una línea de exploración se produce en un instante intermedio entre los impulsos de borrado.

Polaridad de sincronismo en la señal vídeo compuesta. La señal vídeo puede tener dos polaridades:

1. Una polaridad positiva de sincronismo, con los impulsos de sincronismo en la posición superior, como en la figura 7-2.
2. Una polaridad negativa de sincronismo, con los impulsos de sincronismo en la posición inferior, como muestra la figura 7-3.

Las señales vídeo representadas en las figuras 7-2 y 7-3 contienen ambas la misma información de imagen. Para reproducir la imagen es necesaria la señal vídeo con la polaridad negativa de sincronismo en el control de rejilla del tubo de

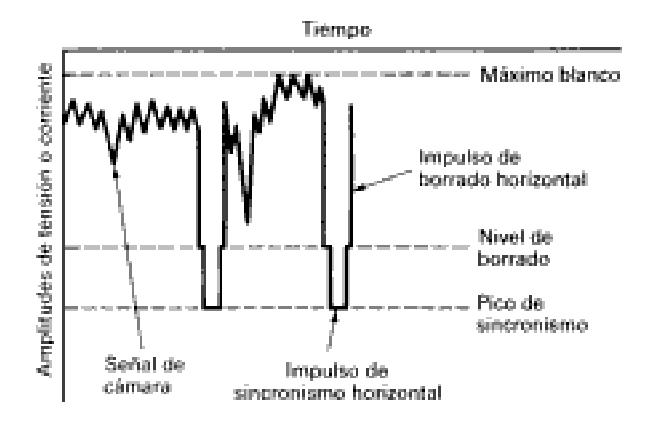


Fig. 7 - 3. La misma señal de vídeo que en la figura 7 - 2, pero con polaridad negativa de sincronismo.

imagen. Luego el nivel de borrado es negativo para cortar la corriente del haz para el negro. En el cátodo del tubo de imagen es necesaria la señal vídeo con polaridad positiva de sincronismo.

Además, la polaridad negativa de sincronismo está normalizada para las señales dentro y fuera del equipo de vídeo tal como la cámara de TV, el equipo de control de vídeo y las líneas telefónicas de distribución. La amplitud estándar o normalizada es de 1 V p-p con sincronismo negativo.

Para cualquiera de las polaridades, recuérdese que las partes blancas de la señal vídeo son opuestas a las de los impulsos del sincronismo. El nivel de borrado debe corresponder al negro. Las amplitudes de sincronismo están en lo que se llama nivel del infranegro o *más negro que el negro*.

Borrado. La señal vídeo compuesta contiene impulsos de borrado para hacer invisibles las líneas de retraza cambiando la amplitud de la señal al nivel de negro cuando los circuitos de exploración producen las retrazas. Toda la información de imagen es suprimida durante el tiempo de borrado. Normalmente las retrazas son producidas durante el tiempo de borrado.

Como se ilustra en la figura 7-4, en la señal vídeo compuesta hay impulsos de borrado vertical y de borrado horizontal. Éstos están incluidos para suprimir la retraza de derecha a izquierda en cada línea de exploración horizontal. La velocidad de repetición de los impulsos de borrado horizontal es, por consiguiente, la frecuencia de la exploración de línea de 15.750 Hz. Los impulsos de borrado vertical tienen la función de suprimir las líneas de exploración producidas cuando el haz de electrones retorna verticalmente desde la parte inferior hasta la parte superior en cada campo. Por consiguiente, la frecuencia de los impulsos de borrado vertical es 60 Hz para cada campo. Cada impulso de borrado cambia la señal vídeo al negro durante el tiempo de borrado.

Preguntas de prueba 7-1
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuáles son las tres partes de la señal vídeo compuesta para dos líneas horizontales de la imagen, como en las figuras 7-2 y 7-3?
b. ¿Está representada la señal vídeo con polaridad negativa de sincronismo en la figura 7-2, o en la figura 7-3?

7-2 Escala IRE de amplitudes de la señal vídeo

En los monitores de osciloscopio se comprueba la amplitud de la señal vídeo con polaridad negativa

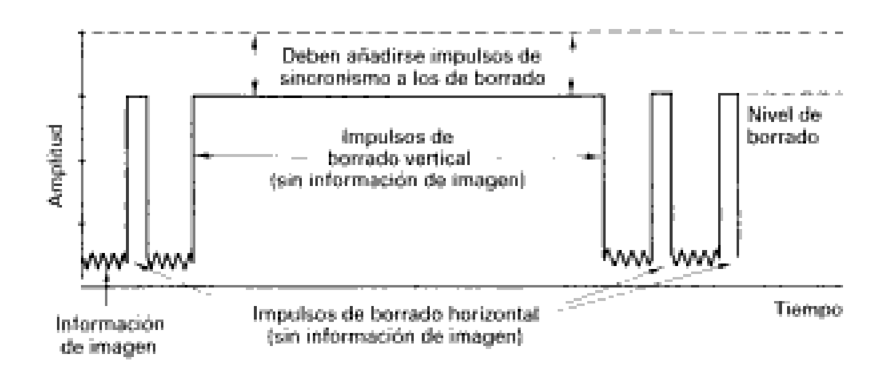


Fig. 7 - 4. Impulsos de borrado H *y* V *en la señal vídeo. No están representados los impulsos de sincronismo.*

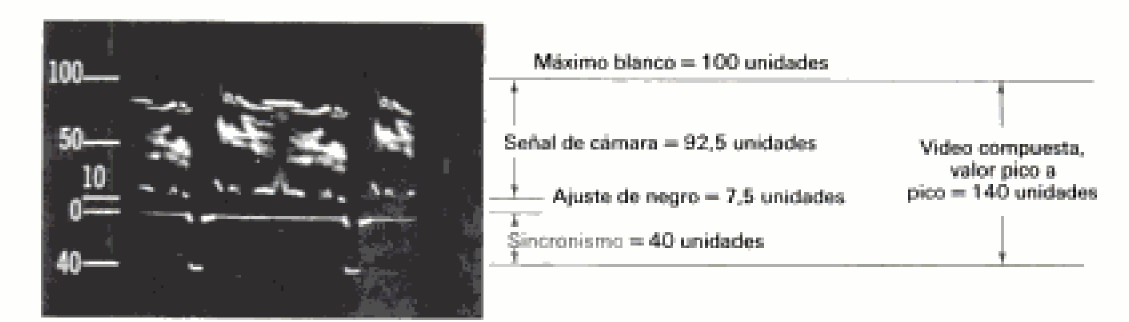


Fig. 7 - 5. Oscilograma de dos líneas de la señal vídeo compuesta con la escala IRE de amplitudes. A la izquierda hay 140 unidades de la escala IRE.

de sincronismo para adoptar la escala IRE representada en la figura 7-5. IRE significa Institute of Radio Engineers, que ahora se denomina Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE). La escala total IRE incluye 140 unidades, con 100 por encima de cero y 40 por debajo. La amplitud pico a pico de la señal vídeo compuesta contiene 140 unidades IRE.

Amplitud del impulso de sincronismo. De las 140 unidades totales IRE, 40 (o aproximadamente el 29 %) son para sincronismo. Todos los impulsos de sincronismo tienen la misma amplitud, la cual es el 29 % de la señal vídeo pico a pico.

Ajuste del negro. Obsérvese que los picos de negro de las variaciones de la señal de cámara están separadas del nivel de supresión de negro en 7,5 unidades IRE, que es aproximadamente el 5 % del total. Esto se hace con el fin de asegurarse de que las señales de la subportadora de color, cuyo nivel se aproxime al de negro en la señal de cámara, no interfieran con las amplitudes de sincronismo.

Amplitudes de la señal de cámara. El nivel máximo de blanco se aproxima a 100 unidades IRE. Por tanto, el nivel del negro se ajusta en 7,5 unidades para que difiera del nivel de borrado. Restando el nivel del negro del nivel correspondiente al máximo blanco, el resultado es 100 − − 7,5 = 92,5 unidades IRE para las variaciones de la señal de cámara. Esta cantidad es el 66 % del total de 140 unidades IRE.

Preguntas de prueba 7-2
Respuestas al final del capítulo

En la escala IRE para la señal vídeo compuesta, enunciar el número de unidades IRE utilizadas para:

a. Sincronismo
b. Ajuste del negro
c. La señal de cámara

7-3 Tiempo de borrado horizontal

En la figura 7-6 están ilustrados los detalles del período de borrado horizontal. El intervalo marcado H es el tiempo necesario para explorar una línea completa, incluyendo la traza y la retraza. Por tanto, el tiempo para H es 1/15.750 s, o sea, 63,5 µs.

La anchura del impulso de borrado horizontal es sólo de $0{,}14H$ a $0{,}18H$. Tomemos un valor medio de 16 % típico. Así el tiempo de borrado horizontal es

$$0{,}16 \times 63{,}5\ \mu s = 10{,}2\ \mu s \text{ (aprox.)}$$

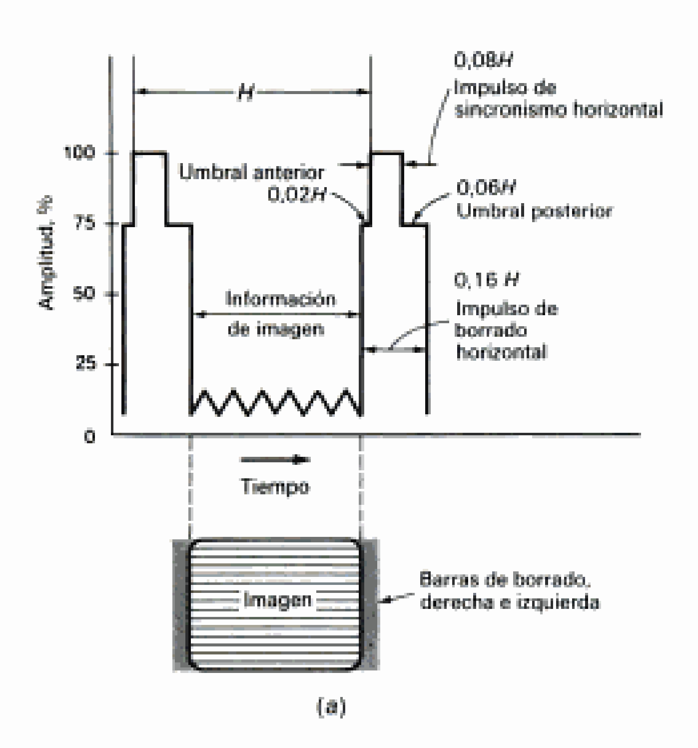
Ahora restemos del tiempo H de 63,5 µs este valor:

$$63{,}5\ \mu s - 10{,}2\ \mu s = 53{,}3\ \mu s$$

Entonces 53,3 µs es el tiempo necesario para la exploración visible, sin borrado en cada línea horizontal. En el borrado H es necesario un tiempo de 10,2 µs para la retraza horizontal.

Superpuestos a los impulsos de borrado H hay impulsos de sincronismo H más estrechos. Como se ve en la figura 7-6, cada impulso de sincronismo horizontal es de $0{,}008H$, o sea, la mitad de la anchura media del impulso de borrado. Este tiempo es igual a (10 µs/2), o sea, 5 µs.

Umbral anterior y umbral posterior. Durante la



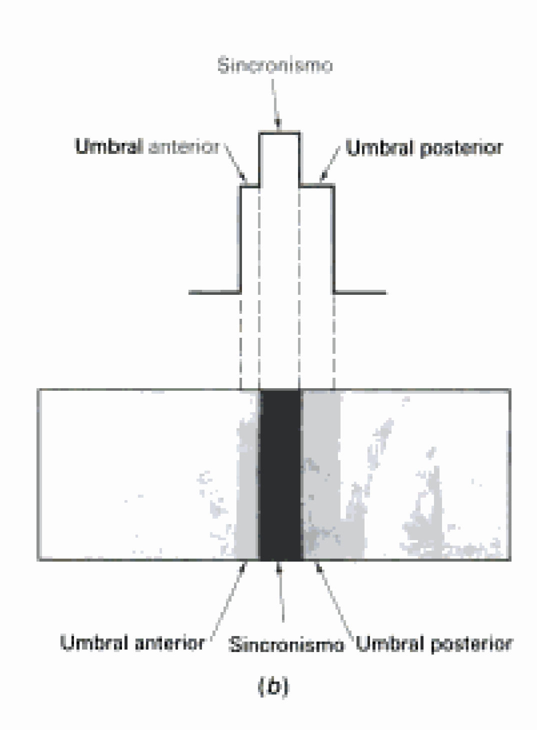


Fig. 7 - 6. (a) Detalles de los impulsos de borrado horizontal y sincronismo. El tiempo correspondiente a H *es 1/15.750 s = 63,5 µs. En la imagen, debajo de la señal, los bordes negros están suprimidos. (b) El borrado* H *está desplazado en la imagen para mostrar el efecto sobre la pantalla. El brillo es mayor que lo normal.*

mitad restante del tiempo de borrado, que también es de 5 µs, la señal está en el nivel de borrado. La parte inmediatamente anterior al impulso de sincronismo se llama *umbral anterior* y la parte que sigue al impulso de sincronismo se llama *umbral posterior*. El umbral anterior tiene una anchura de $0{,}02H$ y el umbral posterior tiene $0{,}06H$ de anchura. Estos intervalos de tiempo son de 1,27 µs para el umbral anterior y 3,81 µs para el umbral posterior. El posterior es tres veces más ancho que el anterior. Todos estos intervalos dentro de una línea horizontal están indicados en la tabla 7-1, con las tolerancias necesarias.

Borrado *H* y exploración *H*. El tiempo de borrado es ligeramente más largo que los valores normales del tiempo de retraza. En consecuencia, ordinariamente es borrada una pequeña parte de la traza al principio y al final de cada línea de exploración. El efecto de este borrado horizontal está ilustrado por las barras negras en los lados de la derecha y de la izquierda de la imagen en la figura 7-6*a*. El negro del borde derecho corresponde al umbral anterior del borrado horizontal, antes de que comience la retraza. Generalmente, la retraza horizontal comienza en el extremo anterior del impulso de sincronismo. Inmediatamente antes de la retraza (cuando el haz explorador está completando su traza hacia la derecha) el nivel de borrado del umbral anterior hace que sea negro el extremo de la derecha. Con una pequeña parte de cada línea ennegrecida de esta manera, se forma una franja o barra negra en el extremo de la derecha. Esta barra negra se puede considerar

TABLA 7-1
DETALLES DEL BORRADO HORIZONTAL

PERIODO	TIEMPO, µs
Línea total (H)	63,5
Borrado H	9,5-11,5
Impulso de sincronismo H	4,75 ± 0,5
Umbral anterior	1,27 (mínimo)
Umbral posterior	3,81 (mínimo)
Tiempo de línea visible	52-54

como reproducción de la parte correspondiente al umbral anterior del borrado horizontal.

Después del umbral de borrado se produce la retraza horizontal cuando comienza el impulso de sincronismo. El retorno queda definitivamente borrado a causa de que el nivel de sincronismo es más negro que el negro. Aunque la retraza comienza generalmente con el impulso de sincronismo, el intervalo de tiempo que es necesario para completar el retorno depende de los circuitos de exploración. Un tiempo típico de retorno horizontal es 7 µs.

El tiempo de borrado después del umbral anterior es 8,93 µs, calculado por

$$10{,}2 - 1{,}27 = 8{,}93\ \mu s$$

Ahora se resta el tiempo de retorno de 7 µs

$$8{,}93 - 7{,}00 = 2{,}93\ \mu s$$

Los 2,93 µs son pues el tiempo de borrado que queda después de haber sido completada la retraza hasta el borde de la izquierda.

Aunque todavía continúa el borrado, la forma de onda de deflexión diente de sierra hace que el haz explorador comience su traza después del retorno. En consecuencia, la primera parte de la traza, a la izquierda, es borrada. Después de 2,93 µs del tiempo de traza borrada en el borde de la izquierda, se suprime el impulso de borrado. Luego la señal vídeo reproduce la información de imagen cuando el haz explorador continúa describiendo su traza durante el tiempo de 53,3 µs de traza visible. Sin embargo, la pequeña parte de cada línea borrada al principio de la traza forma la barra negra en el borde de la izquierda de la trama. Este borde negro de la izquierda representa parte de cada umbral posterior después del sincronismo horizontal.

Las barras negras laterales no tienen otro efecto sobre la imagen que disminuir su anchura ligeramente, en comparación con la de la trama no borrada. Sin embargo, la amplitud de la exploración horizontal se puede aumentar para obtener la anchura deseada.

La figura 7-6*b* muestra el efecto en la pantalla del tubo de imagen para el umbral anterior y el umbral posterior durante el borrado *H*. El brillo está ajustado más alto que lo normal con el fin de hacer que el negro sea menos intenso. Además, debe ser variada la fase de la exploración con respecto al borrado para que el tiempo de borrado caiga en el tiempo de traza.

Resumen del tiempo de borrado *H*. Con valores normales la anchura de cada impulso de borrado *H* es 10 µs. La anchura del impulso de sincronismo *H* es 5 µs, o sea, la mitad del tiempo de borrado. Inmediatamente antes del sincronismo *H*, el umbral anterior es de 1,27 µs. El umbral posterior inmediatamente después del sincronismo *H* es de 3,81 µs. Obsérvese que 1,27 + 3,81 = = 5 µs aproximadamente. Añadiendo esto a 5 µs para el sincronismo *H* se tiene el tiempo de borrado *H* de 10 µs.

Preguntas de prueba 7-3
Respuestas al final del capítulo

¿Cuáles son los períodos de tiempo aproximadamente para lo siguiente, en microsegundos?

a. Anchura del impulso de borrado *H*
b. Traza *H* visible
c. Anchura del impulso de sincronismo *H*

7-4 Tiempo de borrado vertical

Los impulsos de borrado vertical cambian la amplitud de la señal vídeo hasta el nivel de negro, por lo que el haz explorador es suprimido durante las retrazas verticales. La anchura del impulso de borrado vertical es de $0{,}05V$ a $0{,}08V$, donde V es igual a 1/60 s. Si se toma para el máximo un 8 %, el tiempo de borrado vertical es

$$0{,}08 \times {}^1/_{60}\ s = 1333\ \mu s$$

Líneas *H* borradas por el borrado *V*. El tiempo de 1333 µs es suficientemente largo para incluir varias líneas de exploración horizontal completas. Si dividimos el tiempo de borrado vertical de 1333 µs por el período total de línea de 63,5 µs, obtenemos como cociente 21. Por tanto, son borradas 21 líneas de cada campo, o sea, 42 líneas en el cuadro. El número total de líneas borradas en el cuadro también puede ser calculado por 0,08 × 525 = 42.

Este tiempo relativamente largo borra no sólo las líneas de retraza vertical sino también una pequeña parte de la traza vertical en las partes inferior y superior.

Impulsos de sincronismo en el tiempo de borrado vertical. Los impulsos de sincronismo insertados en la señal vídeo compuesta durante el ancho impulso de borrado vertical están representados en la figura 7-7. Estos impulsos incluyen los de

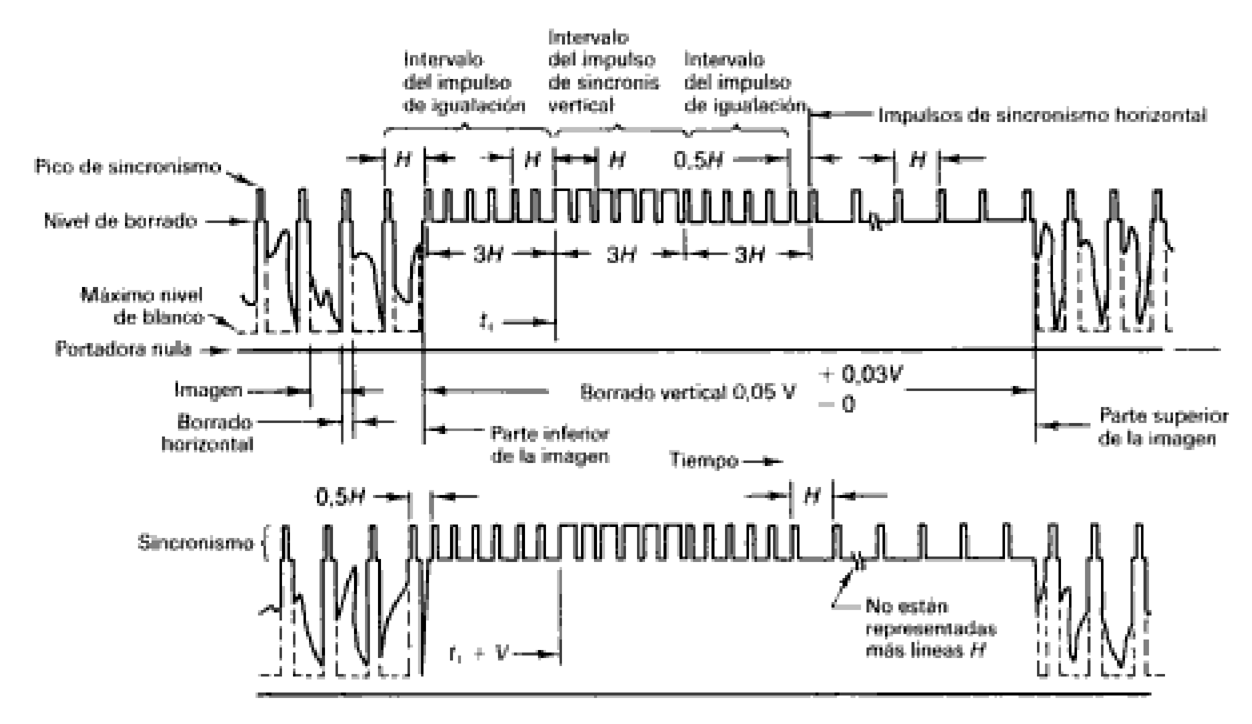


Fig. 7 - 7. Detalles de los impulsos de sincronismo y de borrado de campos sucesivos en la exploración vertical. El tiempo de V es 1/60 s=0,0167 s.

igualación, sincronismo vertical y algunos de sincronismo horizontal. Las señales están representadas para los intervalos de tiempo comprendidos entre el final de un campo y el comienzo del siguiente, e ilustran lo que ocurre durante el tiempo de borrado vertical. Las dos señales representadas una sobre otra son iguales excepto el desplazamiento de media línea entre los campos sucesivos necesario para el entrelazado de líneas.

Empezando a la izquierda en la figura 7-7, las cuatro últimas líneas de exploración horizontal de la parte inferior de la trama están representadas con los impulsos necesarios de sincronismo y borrado horizontales. Inmediatamente después de la última línea visible, la señal vídeo alcanza el nivel de negro a consecuencia del impulso de borrado vertical como preparación para la retraza vertical.

El período de borrado vertical comienza con un grupo de seis impulsos igualadores o ecualizadores que están espaciados a intervalos de media línea.

Luego sigue el impulso de sincronismo vertical almenado que realmente produce el retorno vertical en los circuitos de exploración. Las hendiduras se producen a intervalos de media línea. Por consiguiente, el impulso de sincronismo vertical completo tiene una anchura de tres líneas.

A continuación del impulso de sincronismo vertical hay otro grupo de seis impulsos igualadores y un tren de impulsos horizontales.

Durante todo el período de borrado vertical no se produce ninguna información de imagen, ya que el nivel de la señal corresponde al negro o al infranegro de modo que quede borrada la retraza vertical. Los detalles de todos los impulsos en el intervalo de borrado vertical están resumidos en la tabla 7-2.

Obsérvese la posición del primer impulso igualador al principio del borrado vertical en la figura 7-7. En la señal representada en la parte superior de la figura, el primer impulso está separado una línea completa del impulso de sincronismo horizontal anterior; en la parte de la señal representada abajo, que corresponde al campo siguiente, el primer impulso está separado media línea. Esta diferencia de media línea en el tiempo transcurrido entre los campos pares e impares continúa en todos los impulsos siguientes, de modo que los impulsos de sincronismo vertical de los campos sucesivos están debidamente temporizados para la exploración entrelazada del número de líneas.

TABLA 7-2
DETALLES DEL BORRADO VERTICAL

PERIODO	TIEMPO
Campo total (V)	$1/60 = 0{,}0167$ s
Borrado V	0,05 V-0,08 V, o 0,0008-0,0013 s
Cada impulso de sincronismo V	27,35 μs
Total de seis impulsos de sincronismo V	$3H = 190{,}5$ μs
Cada impulso E	$0{,}04H = 2{,}54$ μs
Cada hendidura	$0{,}07H = 4{,}4$ μs
Tiempo de campo visible	0,92V-0,95V o 0,015-0,016 s

Borrado V y exploración V. El impulso de sincronismo vertical almenado hace que los circuitos de deflexión vertical inicien el retorno. Sin embargo, generalmente éste no comienza con el principio del impulso de sincronismo vertical a causa de que dicho impulso debe completar la carga del condensador para disparar los circuitos de exploración. Si suponemos que el retorno vertical comienza con el flanco de ataque o anterior de la tercera hendidura, durante el sincronismo vertical transcurre el tiempo correspondiente a una línea antes de que se inicie el retorno vertical. Además seis impulsos igualadores equivalen a las tres líneas que tienen lugar antes del sincronismo vertical. Entonces son borradas 3 + 1, o sea, cuatro líneas en la parte inferior de la imagen, inmediatamente antes de que comience la retraza vertical.

El tiempo necesario para el retorno depende de los circuitos de exploración, pero normalmente corresponde a cinco líneas. Cuando el haz retrocede desde la parte inferior hasta la parte superior de la trama, se han producido cinco líneas horizontales completas. Esta retraza vertical es suficientemente rápida para ser completada durante el tiempo de borrado vertical.

Con 4 líneas suprimidas en la parte inferior antes del retorno y 5 líneas suprimidas durante éste, quedan 12 líneas del total de 21 durante el borrado vertical. Estas 12 líneas borradas están en la parte superior de la trama al principio de la traza vertical descendente.

En resumen, son borradas 4 líneas en la parte inferior y 12 en la superior de cada campo. En el cuadro total de dos campos son borradas 8 líneas en la parte inferior y 24 en la superior. Las líneas de exploración que se producen durante la traza vertical, pero que son ennegrecidas por el borrado vertical, forman barras negras en las partes superior e inferior de la imagen.

La altura de la imagen queda ligeramente reducida con el borrado, en comparación con la trama sin borrar. Sin embargo, la altura se corrige fácilmente aumentando la amplitud de la forma de onda diente de sierra de exploración vertical.

Resumen del tiempo de borrado V. Los impulsos de borrado vertical repetidos a 60 Hz son insertados en cada campo de exploración vertical para borrar las retrazas V. El impulso de borrado V tiene una anchura de 1333 μs, tiempo suficiente

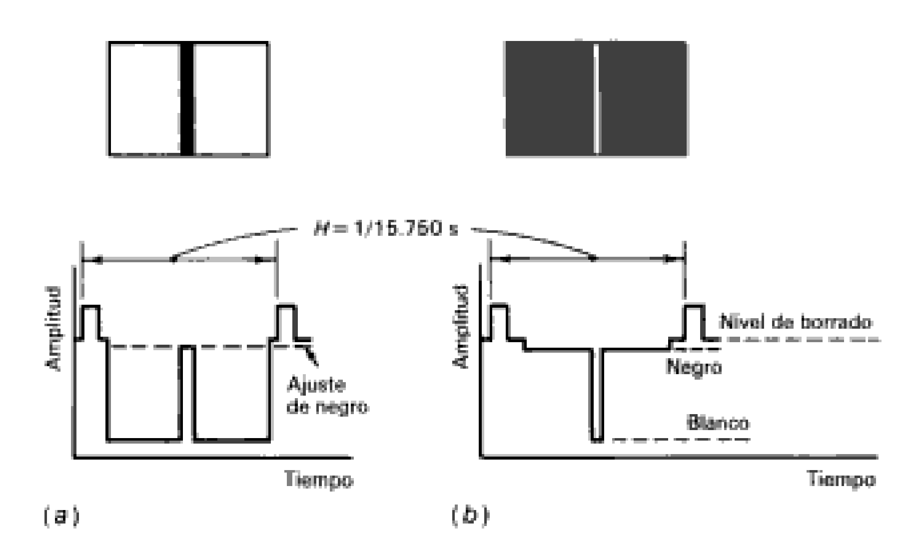


Fig. 7 - 8. Señal vídeo compuesta y su información de imagen. (a) Imagen con barra vertical negra en fondo blanco. (b) Información inversa con barra en fondo negro.

para explorar 21 líneas horizontales completas en cada campo.

El impulso de sincronismo *V* almenado se repite también a 60 Hz para sincronizar la exploración vertical en cada campo. Cada impulso de sincronismo *V* tiene anchura para seis medias líneas, o tres líneas *H* completas. El impulso de sincronismo *V* es mucho más ancho que los impulsos de sincronismo H por lo que pueden ser separados en los circuitos de sincronismo del receptor. Cada impulso de sincronismo *V* tiene hendiduras en intervalos de media línea con el fin de mantener la continuidad de la sincronización horizontal durante el tiempo de sincronismo *V*.

Inmediatamente antes y después de cada impulso de sincronismo *V* hay un grupo de seis impulsos ecualizadores o igualadores. Dada la separación de media línea de los impulsos igualadores, cada grupo tiene una longitud de tres líneas *H*. Con la separación de media línea se mantiene la continuidad de la sincronización horizontal por los impulsos igualadores alternados durante el tiempo de borrado vertical.

Con dos impulsos en el tiempo de una línea completa *H*, los impulsos igualadores se repiten a razón de 2 × 15.750 = 31.500 Hz. Los grupos de impulsos igualadores inmediatamente antes y después del sincronismo *V* se utilizan para mejorar la sincronización vertical en los campos pares e impares.

Las hendiduras de media línea en el impulso de sincronismo vertical tienen también una frecuencia de 31.500 Hz. Realmente, los impulsos igualadores y los almenados verticales son impulsos similares pero de polaridades opuestas.

Preguntas de prueba 7-4
Respuestas al final del capítulo

¿Qué impulsos de borrado *V* corresponden a lo siguiente?
a. Anchura de 3 líneas *H*
b. Anchura de 21 líneas *H*
c. 31.500 Hz

7-5 Información de imagen y amplitudes de la señal vídeo

La figura 7-8 presenta dos ejemplos para explicar cómo la señal vídeo compuesta corresponde a la información visual. En la figura 7-8*a* la señal vídeo corresponde a una línea de exploración para una imagen con una barra vertical negra en el centro de un cuadro blanco. En la figura 7-8*b* los valores del negro y del blanco de la imagen están invertidos con respecto a los de la figura 7-8*a*. Estas señales están representadas con polaridad positiva de sincronismo, pero la misma idea es aplicable con polaridad negativa de sincronismo.

En la izquierda de la figura 7-8*a*, la señal de cámara obtenida en la exploración de la imagen está inicialmente en el nivel de blanco, que corresponde al fondo blanco. El haz continúa explorando hacia adelante a través del fondo blanco del cuadro, y la señal continúa en el mismo nivel blanco hasta alcanzar la zona central de la imagen. Cuando es explorada la barra negra, la señal vídeo cambia hasta el nivel de negro y permanece ahí mientras está explorando toda la anchura de la barra negra. Luego la amplitud de la señal cambia hasta el nivel de blanco correspondiente al fondo blanco y continúa en este nivel mientras se completa el movimiento de exploración hacia adelante hasta el borde de la derecha de la imagen.

En el extremo de la traza visible, el impulso de borrado horizontal lleva la amplitud de la señal vídeo hasta el nivel de negro en preparación para la retraza horizontal. Después de la retraza, comienza nuevamente el movimiento de exploración hacia adelante y se explora la línea horizontal siguiente. De esta manera son exploradas sucesivamente todas las líneas horizontales de los campos pares e impares. En consecuencia, la señal vídeo compuesta correspondiente a la imagen completa contiene una sucesión de señales con una forma de onda idéntica a la representada en la figura 7-8*a* para cada línea de exploración activa horizontal.

Para la imagen representada en la figura 7-8*b* la idea es la misma, pero la señal de cámara corresponde a una barra vertical blanca en el centro de un cuadro negro. Esta señal comienza y termina en el nivel de negro y en el centro está en el nivel de blanco.

Estos son tipos simples de imágenes, pero la correlación se puede hacer extensiva a una imagen que tenga cualquier distribución de luz y sombra. Si la figura completa contiene cinco barras negras verticales contra un fondo blanco, la señal vídeo compuesta correspondiente a cada línea horizontal incluirá cinco variaciones rápidas de amplitud desde el blanco hasta el negro.

Por ejemplo, supongamos la figura compuesta por una barra negra horizontal en el centro de un

cuadro blanco. Entonces la mayoría de las líneas horizontales contendrán información de la imagen blanca para todo el período de traza. La amplitud de la señal de cámara permanece en el nivel de blanco excepto para los intervalos de borrado. Sin embargo, para estas líneas horizontales que explora la barra negra, la señal de cámara es producida en el nivel de negro.

Tensiones típicas de la señal de video. Una imagen real consiste en elementos que tienen diferentes cantidades de luz y sombra con una distribución no uniforme en las líneas horizontales y en los campos verticales. Cuando hay movimiento en la escena, la señal vídeo contiene una sucesión de tensiones continuamente cambiantes. Dentro de cada línea la amplitud de la señal de cámara varía para diferentes elementos de la imagen. Por otra parte, las formas de onda de la señal de cámara para las líneas cambian dentro del campo.

Las formas de onda resultantes se pueden observar en las fotografías de osciloscopio u oscilogramas de una señal de vídeo típica en la figura 7-9. Esta señal corresponde a la rejilla de control del tubo de imagen. Tiene una amplitud de 100 V p-p y polaridad negativa de sincronismo.

Preguntas de prueba 7-5
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. La tensión típica de la señal vídeo en el tubo de imagen es de 1 V p-p.
b. La señal vídeo tiene más blanco en la figura 7-8*a* que en la figura 7-8*b*.

7-6 Formas de onda de los oscilogramas

En los oscilogramas de la señal de cámara se puede observar que las variaciones aparecen borrosas o confusas cuando cambian con el movimiento en la escena. Sin embargo, la traza en el osciloscopio aparece inmóvil para los impulsos de borrado *H* y sincronismo a una frecuencia fija de 15.750 Hz o de 60 Hz para los impulsos *V*. La frecuencia de barrido horizontal interna de los osciloscopios se ajusta preferentemente en la mitad de estas frecuencias, para presentar una señal vídeo ya sea para dos líneas, como en la figura 7-9*a*, o para dos campos, como en la 7-9 *b*. Entonces cada ciclo aparece todo lo ancho posible y con continuidad en todo el tiempo de borrado.

Frecuencia de línea. Cuando el barrido del osciloscopio está ajustado en 15.750/2 = 7875 Hz, se verán dos líneas *H* de la señal vídeo (fig. 7-9*a*). Cuando la escena muestra a una persona andando en una habitación, como ejemplo de movimiento horizontal, las variaciones de la señal de cámara se manifiestan en la pantalla del osciloscopio entre los impulsos *H*.

Frecuencia de campo. Cuando el barrido del osciloscopio está ajustado en 60/2 = 30 Hz, se ven dos campos de señal vídeo (fig. 7-9*b*). Cualquier movimiento vertical en la escena aparece como movimiento de las señales de cámara a través de la traza entre los impulsos de sincronismo. Las líneas que se extienden de arriba abajo del sincronismo vertical están producidas por el sincronismo horizontal.


(*a*)

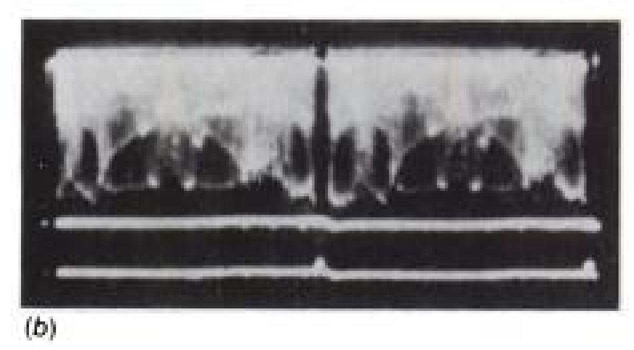
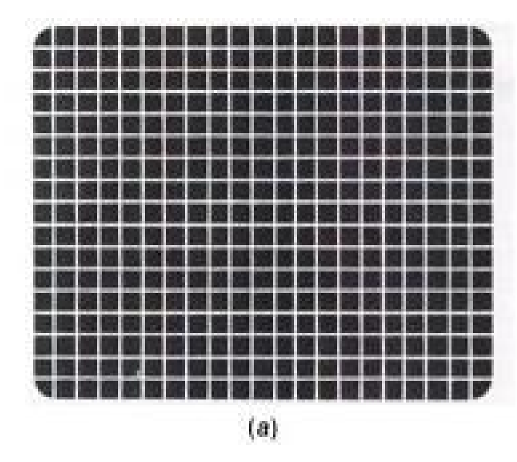
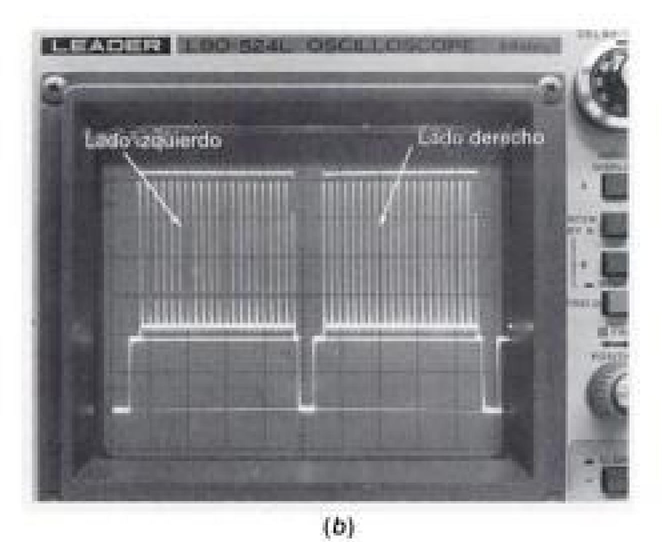

(*b*)

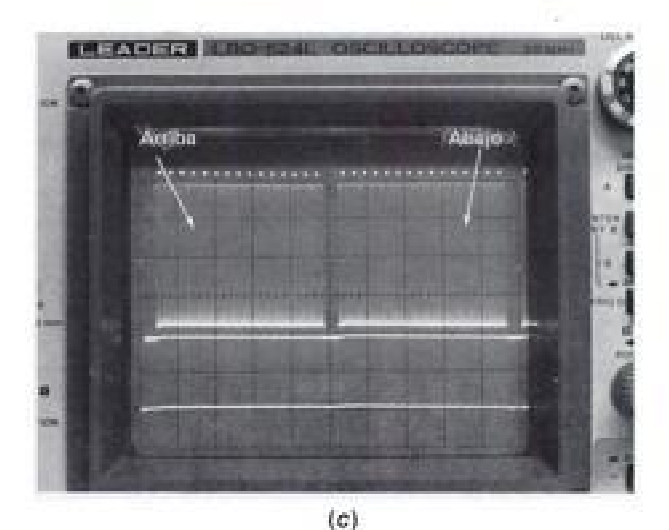
Fig. 7 - 9. Oscilogramas de señal vídeo compuesta con sincronismo para polaridad negativa. (a) *Dos líneas horizontales con la información de imagen entre los impulsos de borrado* H. *Barrido interno de osciloscopio en 15.750/2 = 7875 Hz.* (b) *Dos campos de información vertical de imagen entre los impulsos de borrado* V. *Barrido interno del osciloscopio de 60/2=30 Hz.*



(a)



(b)



(c)

En este oscilograma no se verán los impulsos igualadores porque el osciloscopio está sincronizado a la frecuencia de barrido vertical. Para visualizar los impulsos igualadores y las hendiduras en los impulsos verticales, hay que ajustar el barrido interno del osciloscopio en 31.500 Hz o un submúltiplo. También habrá que ensanchar usualmente el barrido horizontal del osciloscopio.

Formas de onda de los oscilogramas e información de imagen. Referencia a la figura 7-10. La imagen ilustrada en la figura 7-10*a* con barras horizontales y verticales es lo que se llama *imagen de prueba*. Este tipo de imagen produce variaciones similares en la señal de cámara para ambas exploraciones horizontal y vertical. Su principal aplicación es la de verificación de la linealidad de las exploraciones horizontal y vertical con igual separación de las barras. Esta imagen de prueba se utiliza cuando se efectúan los ajustes de convergencia en los tubos de imagen en color.

La figura 7-10*b* la forma de onda del oscilograma muestra dos líneas *H* de la señal de cámara a causa de que la frecuencia de barrido interno es 7875 Hz. Estas variaciones corresponden a las barras verticales en la imagen.

En la figura 7-10*c* la forma de onda del oscilograma muestra dos campos verticales porque la frecuencia del barrido interno es de 30 Hz. Estas variaciones de la señal de cámara corresponden a las barras horizontales en la imagen.

En la mayoría de los osciloscopios las posiciones de 30 y 7875 Hz están marcadas en el conmutador de frecuencias de barrido interno con una *V* y una *H* para TV. Esto facilita la conmutación entre la señal vídeo para dos líneas de exploración *H* y para dos campos de exploración *V*.

Preguntas de prueba 7-6
Respuestas al final de capítulo

Referencia a las formas de onda de los oscilogramas de la figura 7-10.

Fig. 7 - 10. Cómo corresponden las formas de onda de la señal vídeo a la información de imagen. (a) *Imagen de prueba en la pantalla del tubo de imagen.* (b) *Información de imagen horizontal con impulsos de sincronismo* H. (c) *Información de imagen vertical con impulsos de sincronismo* V.

a. ¿Es positiva o es negativa la polaridad de sincronismo?
b. ¿En cuál de las figuras 7-10*b* o *c* está representada la señal vídeo para las barras verticales?

7-7 Información de imagen y frecuencias de la señal vídeo

Las frecuencias de la señal de cámara varían desde aproximadamente 30 Hz hasta 4 MHz. Obsérvese que 30 Hz en el extremo inferior es una audiofrecuencia y 4 MHz en el extremo superior es realmente una radiofrecuencia. Este enorme margen de las frecuencias hace que la señal vídeo sea una señal de banda ancha. Abarca un margen de aproximadamente 17 octavas.

La señal de cámara tiene cambios muy rápidos dentro de una línea a causa de que la exploración horizontal es rápida. En especial, una señal de 4 MHz representa un cambio de amplitud entre dos elementos de imagen sucesivos cuya exploración horizontal dura 0,25 μs. El límite de 4 MHz es sólo una restricción legal determinada por el canal de 6 MHz de las estaciones de difusión de televisión.

En la exploración vertical, las variaciones de la señal de cámara tienen frecuencias mucho más bajas porque la velocidad de exploración es más lenta. Una señal de 30 Hz representa un cambio de amplitud entre dos campos sucesivos repetidos al ritmo de 60 Hz. Las frecuencias inferiores a 30 Hz se pueden considerar como cambio de nivel de c.c.

Frecuencias vídeo asociadas con la exploración horizontal. Con referencia a la carta o imagen de prueba de la figura 7-11, la señal de onda cuadrada en la parte superior representa las variaciones de la señal de cámara de la señal vídeo compuesta obtenida en la exploración de una línea horizontal. Se desea hallar la frecuencia de esta onda cuadrada. La frecuencia de las variaciones de la señal de cámara es muy importante para determinar si el sistema de televisión puede o no transmitir y reproducir la información de imagen correspondiente.

Para determinar la frecuencia de cualquier variación de señal debe ser conocido el tiempo correspondiente a un ciclo completo. Un *ciclo* incluye el tiempo contado desde un punto de la forma de onda de señal hasta el punto inmediatamente siguiente que tiene la misma magnitud y sentido. Entonces se puede hallar la frecuencia como inversa del período respectivo correspondiente a un ciclo. Por ejemplo, el período de una línea de exploración horizontal es 1/15.750 s y la frecuencia de exploración de líneas es 15.750 Hz. Las variaciones de la señal de cámara dentro de una línea horizontal tienen que ser, sin embargo, de período más corto y frecuencia más elevada.

Obsérvese que un ciclo completo de señal de cámara en la figura 7-11 incluye la información de dos elementos de imagen adyacentes, uno blanco y el otro negro. Sólo después de explorar el segundo cuadrado la señal de cámara tiene la misma magnitud y sentido que al principio del primer cuadrado. Por consiguiente, para hallar la frecuencia de las variaciones de la señal de cámara es necesario determinar cuánto tiempo dura la exploración de dos cuadrados adyacentes. Este tiempo es el período de un ciclo de la señal de cámara resultante.

Ahora puede ser calculado el período de un ciclo completo de las variaciones de la señal de

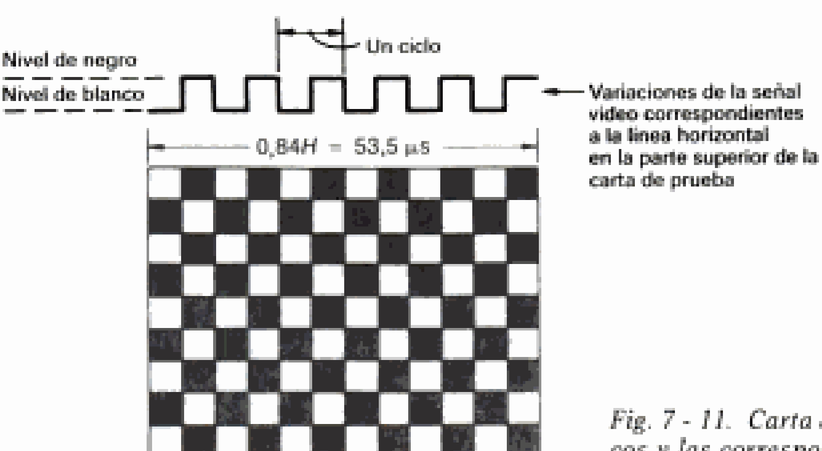


Fig. 7 - 11. Carta de prueba con 12 cuadrados negros y blancos y las correspondientes variaciones de la señal.

cámara de onda cuadrada de la figura 7-11. El período para exploración de línea horizontal es 1/15.750 s, o 63,5 μs, incluyendo la traza y la retraza. Con un tiempo de borrado horizontal de 10,2 μs, el tiempo restante para la traza visible es 53,3 μs. Este es el tiempo necesario para explorar todos los elementos de imagen de una línea.

Los 12 cuadrados de una línea son explorados en 53,3 μs. Para explorar dos cuadrados es necesario menos tiempo T ($^2/_{12}$ o $^1/_6$, de 53,3 μs):

$$T = {}^1/_6 \times 53{,}3\ \mu s = 8{,}8\ \mu s$$

El período para un ciclo completo de la señal de onda cuadrada es T, y la frecuencia $f = 1/T$. Por tanto

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{8{,}8\ \mu s} = 0{,}11\ \text{MHz}$$

En la figura 7-11, la frecuencia de las variaciones de la señal de cámara de onda cuadrada representada encima de la carta de prueba, que recuerda a un tablero de ajedrez, es 0,11 MHz.

Información de imagen. Cuando se explora una imagen normal, las áreas dispersas de luz y sombra no producen una señal simétrica de onda cuadrada. Sin embargo, las diferencias de luz y sombra corresponden a cambios de amplitud de la señal de cámara. La frecuencia resultante de las variaciones de la señal de cámara depende siempre del tiempo necesario para explorar las áreas adyacentes con diferentes valores de luz.

Cuando son explorados objetos grandes con un nivel constante de blanco, gris o negro, las correspondientes variaciones de la señal de cámara tienen bajas frecuencias. La razón es el tiempo relativamente largo entre los cambios de amplitud.

Las áreas más pequeñas de luz y sombra de la imagen son exploradas en las frecuencias más altas de vídeo. Las frecuencias más altas de la señal corresponden a variaciones entre elementos de imagen muy pequeños en una línea horizontal, especialmente el borde vertical entre un área blanca y un área negra.

Frecuencias vídeo asociadas con la exploración vertical. En el extremo opuesto, las variaciones de señal que corresponden a elementos de imagen adyacentes en dirección vertical tienen frecuencias bajas a causa de que la exploración vertical es comparativamente lenta. Las variaciones entre una línea y la siguiente corresponden a una frecuencia de aproximadamente 10 kHz. Los cambios más lentos en distancias más largas producen frecuencias más bajas en la exploración vertical. La frecuencia muy baja de 30 Hz corresponde a una variación de nivel de iluminación entre dos campos sucesivos.

Frecuencias vídeo e información de imagen. La figura 7-12 muestra cómo se puede considerar el tamaño de la información de imagen en lo que respecta a las frecuencias vídeo. El cuerpo principal de la imagen en la figura 7-12*a* está ilustrado en la figura 7-12*b* con sólo las grandes áreas de blanco y negro. Estas frecuencias vídeo se extienden hasta 100 kHz. Sin embargo, el detalle con bordes precisos y los contornos corresponde a frecuencias vídeo altas de 0,1 a 4 MHz representado en la figura 7-12*c*. La marquesina del edificio está reproducida en la figura 7-12*b*, pero sus franjas y el letrero pequeño necesitan la reproducción de alta frecuencia en la figura 7-12*c*.

La interesante conclusión práctica es que es mucho más fácil conseguir una imagen detallada de una vista en primer plano que la de una tomada a larga distancia. Un ejemplo es el primer plano de la cara de una persona. Incluso los pelos individuales de las cejas no son demasiado pequeños con respecto a la anchura de la imagen. Así esta información de imagen no requiere una frecuencia demasiado elevada, y la reproducción puede ser nítida y clara. En cambio, en las vistas tomadas a larga distancia, los minúsculos detalles de la escena son demasiado pequeños para ser reproducidos.

También en televisión en color las vistas de primer plano y el fondo parecen buenos a causa de las frecuencias vídeo relativamente bajas de la información de imagen, en comparación con las de las vistas a larga distancia. Especialmente se incluye la información de color en la imagen de televisión sólo para frecuencias vídeo de hasta aproximadamente 0,5 MHz, en la mayoría de receptores.

Preguntas de prueba 7-7
Respuestas al final del capítulo

¿Las siguientes frecuencias están asociadas con la resolución V o con la resolución H?

a. 2 kHz
b. 0,5 MHz
c. 3,2 MHz



(a)



(b)



(c)

Fig. 7 - 12. Efecto de las frecuencias vídeo en las reproducciones de la imagen. (a) Imagen normal. (b) Sólo están reproducidas en la imagen las áreas grandes con frecuencias vídeo bajas de hasta 0,1 MHz. (c) Sólo están reproducidos los bordes y los contornos con frecuencias vídeo altas entre 0,1 y 4 MHz.

7-8 Máximo número de elementos de imagen

Si consideramos una carta de prueba tal como la de la figura 7-11 pero con muchos más cuadrados, el máximo número de elementos de imagen se puede calcular considerando cada cuadrado como un elemento. Entonces el número total de elementos en un área es igual al máximo número de detalles de una línea horizontalmente, multiplicado por el número de detalles de una fila vertical. Sin embargo, los detalles horizontales y los detalles verticales deben ser considerados separadamente en una imagen de televisión a causa del proceso de exploración. Para los detalles horizontales el problema consiste en determinar cuántos elementos corresponden al límite de alta frecuencia de la señal vídeo de 4 MHz. Los detalles verticales implican la cuestión de cuántos elementos pueden ser resueltos por las líneas de exploración.

Máximo detalle horizontal. Procediendo de la misma manera que en la sección anterior, podemos hallar el número de elementos correspondientes a 4 MHz, para determinar el máximo número de elementos de imagen en una línea horizontal y el tamaño del menor detalle horizontal posible. El período de un ciclo completo para la variación de la señal de 4 MHz es $1/(4 \times 10^6)$ s = 0,25 µs. Este es el tiempo necesario para explorar dos elementos de imagen adyacentes. Como se pueden explorar dos elementos en 0,25 µs, pueden ser explorados ocho elementos en 1 µs. Finalmente, $8 \times 53{,}3 = 426$ elementos de imagen pueden ser explorados durante todo el período activo de línea de 53,3 µs. Si hubiesen 426 cuadrados en la dirección horizontal de la carta de prueba de la figura 7-11, entonces las variaciones resultantes de la señal de cámara producirían una señal de 4 MHz.

Relación de utilización y detalle vertical. Cada exploración de línea puede representar, todo lo más, un detalle en la dirección vertical. Pero una línea

de exploración puede no representar detalle vertical alguno por falta de detalle vertical. Además, un elemento de imagen puede quedar comprendido entre dos líneas, con lo que el problema que presenta el establecimiento de detalle vertical útil es determinar cuántos elementos de imagen pueden ser reproducidos por un número dado de líneas exploradas.

El número de líneas exploradas útiles en la representación de detalles verticales dividido por el número total de líneas exploradas visibles es lo que se llama *relación de utilización*. Los cálculos teóricos y las figuras experimentales dan márgenes de relación de utilización de 0,6 a 0,8 para diferentes imágenes con contenido normal de imagen. Podemos utilizar como promedio 0,7.

Ahora puede ser determinado el máximo número posible de elementos verticales. El número de líneas visibles es 525 menos el de los explorados durante el borrado vertical. Con un tiempo de borrado vertical del 8 %, el número de líneas suprimidas en todo el cuadro es 0,08 × 525, o sea, 42 líneas aproximadamente. Algunas de estas líneas ocurren durante la retraza vertical y otras son exploradas en las partes superior o inferior del cuadro, pero todas son suprimidas. Restando 42 de 525 quedan 483 líneas visibles. Con una relación de utilización de 0,7 el número de líneas útiles para mostrar un detalle vertical es

$$483 \times 0{,}7 = 338$$

Este valor representa el número de líneas de exploración efectivas.

Por tanto, el número máximo de detalles verticales que se pueden reproducir con 483 líneas de exploración visibles es aproximadamente 338, dependiendo el valor exacto de la relación de utilización.

Número total de elementos de imagen. A base de los cálculos anteriores, el número máximo de elementos de imagen posible para toda la imagen es 426 × 338, o aproximadamente 144.000. Este número es independiente de las dimensiones de la imagen.

Un solo cuadro de una película cinematográfica de 35 mm tiene aproximadamente 500.000 elementos de imagen. El cuadro más pequeño de 16 mm contiene una cuarta parte, o aproximadamente 125.000. Por tanto, la reproducción televisada puede tener la misma cantidad de detalles que la película de 16 mm.

Preguntas de prueba 7-8
Respuestas al final del capítulo

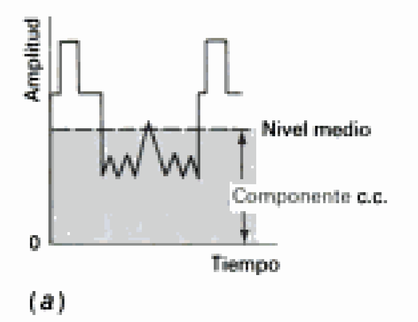
Hallar el máximo número de detalles de imagen para

a. Cada línea horizontal.
b. El área total de imagen.

7-9 Componente de c.c. de la señal vídeo

Además de las variaciones continuas de amplitud en los elementos individuales de imagen, la señal vídeo debe tener un valor medio que corresponda al brillo medio de la escena. De otra manera, el receptor no puede seguir los cambios de brillo. Como ejemplo de la importancia del nivel de brillo, la señal de c.a. de cámara para un elemento de imagen gris en fondo negro será la misma que la señal para blanco sobre fondo gris, si no hay información de brillo medio para indicar el cambio en el fondo.

El *nivel medio* de una señal es la media aritmética de todos los valores instantáneos medidos desde el eje cero o eje de abscisas. En la figura 7-13*a*, el nivel medio es más alto que en la 7-13*b*, a causa de que las variaciones de la señal de cámara tienen mayores amplitudes. Ahora es importante recordar que el valor medio de cualquier



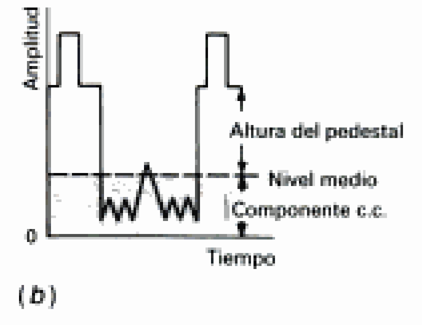


Fig. 7 - 13. Señales vídeo con las mismas variaciones de c.a., pero diferentes niveles de brillo medios. Sólo está ilustrada una línea de un cuadro completo. (a) *Escena oscura con valor medio próximo al nivel de negro.* (b) *Escena clara con valor medio que está alejado del nivel de negro.*

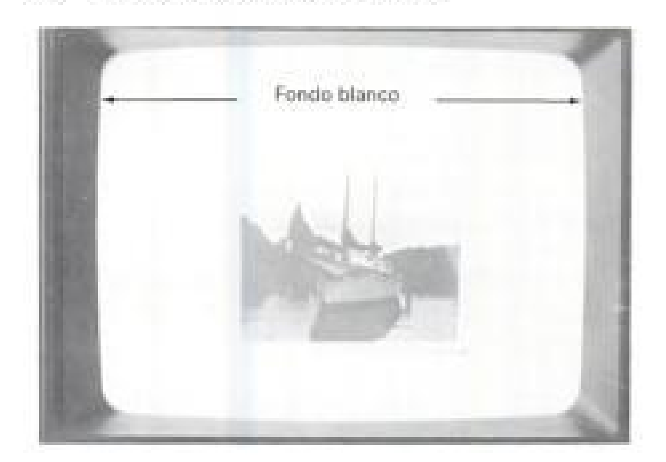


Fig. 7 - 14. Efecto de brillo incorrecto sin la componente de c.c. necesaria. La información de imagen está demasiado oscura a causa del fondo blanco.

variación de señal para un ciclo completo es su componente de c.c. Por tanto, la componente de c.c. en la figura 7-13*a* está más próxima al nivel de negro que en la 7-13*b*. Aunque aquí está ilustrada para una línea de exploración (por conveniencia), la componente de c.c. necesaria de la señal vídeo es su valor medio en cuadros completos, ya que la información de fondo del cuadro indica el brillo de la escena.

Cuando el valor medio, o componente de c.c., de la señal vídeo está próxima al nivel de negro, como en la figura 7-13*a*, el brillo medio corresponde a la oscuridad. Las mismas variaciones de la señal de c.a. en la figura 7-13*b* tienen un fondo más claro a causa de que el eje de c.c. está más alejado del nivel de negro.

La distancia entre el eje medio y el nivel de borrado es lo que se llama *altura del pedestal* de la señal vídeo (fig. 7-13*b*). La señal para una escena luminosa tiene mayor altura de pedestal que para una escena oscura.

Un nivel de c.c. incorrecto da lugar a brillo incorrecto o erróneo. Este efecto está ilustrado en la figura 7-14. Sin la componente de c.c., aquí la información de imagen es demasiado oscura. Esta imagen requiere más altura de pedestal a causa del fondo blanco. La señal transmitida tiene el nivel medio de c.c. correcto, pero se puede perder por acoplamiento capacitivo en el amplificador de vídeo.

En TV monocromática, una componente de c.c. incorrecta sólo produce brillo incorrecto. Sin embargo, en televisión en color es necesaria la componente de c.c. con el fin de reproducir los colores correctos.

Preguntas de prueba 7-9
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Un nivel medio de c.c. próximo al nivel de borrado corresponde a una escena oscura, o a una escena iluminada?
b. ¿Reproduce el tubo de imagen el negro con la máxima corriente del haz, o con corriente del haz nula?

7-10 Gamma y contraste en la imagen

Gamma es un factor numérico utilizado en televisión y en reproducción cinematográfica para indicar cómo son expandidos o comprimidos los valores de luminosidad. Con referencia a la figura 7-15, el exponente de las ecuaciones correspondientes a las curvas representadas se denomina gamma (γ). El valor numérico de gamma es igual a la máxima pendiente de la curva. Una curva con gamma menor que 1 está incurvada hacia abajo, como en la figura 7-15*a*, correspondiendo la mayor pendiente al origen y la parte relativamente plana, al final de la curva. Cuando la gamma es

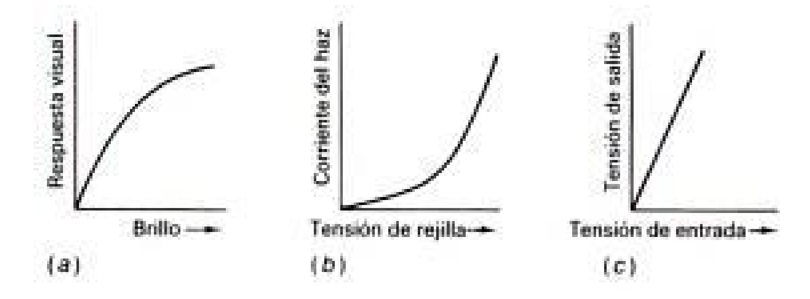


Fig. 7 - 15. Características de gamma. (a) Respuesta visual del ojo; la gamma es menor que 1. (b) Característica de la rejilla de control del tubo de imagen; la gamma es igual a 2,2. (c) Característica lineal de un amplificador; gamma igual a 1.

mayor que 1, la curva está incurvada hacia arriba, como en la figura 7-15*b* y su porción inicial partiendo del origen es relativamente recta mientras que la mayor pendiente es la de la parte final. Con una gamma de 1 resulta una línea recta, como en la figura 7-15*c*, y la pendiente es constante.

Una gamma de 1 significa la característica lineal que no exagera los valores de luminosidad. Cuando la gamma es mayor que 1 para las partes blancas de la imagen, la imagen reproducida aparece con "contraste" a causa de que el nivel de blanco resulta expandido por la mucha pendiente, para resaltar las partes blancas de la imagen. Las proyecciones cinematográficas en una sala oscura tienen apariencia de alto contraste. Los valores de gamma menores que 1 para las partes blancas de la imagen comprimen los cambios de niveles de blanco y hacen que la imagen aparezca más suave, con las gradaciones de niveles de gris más evidentes.

En el sistema de televisión, a todo componente se le puede asignar un valor de gamma para describir la forma de su curva de respuesta y características de contraste. Por ejemplo, los tubos de imagen tienen la curva característica de control ilustrada en la figura 7-15*b*. La tensión de la señal vídeo es aplicada siempre a la rejilla de control del tubo de imagen con la polaridad conveniente para que las variaciones de señal correspondientes a las zonas blancas de la imagen caigan en la parte de la curva de respuesta que tiene mucha pendiente. En consecuencia, una variación de la amplitud de señal de vídeo en el nivel de blanco produce mayor variación de la corriente del haz y más brillo en la pantalla que si el nivel correspondiese a mayor oscuridad. Por consiguiente, los tubos de imagen realzan las partes blancas de la imagen, con valores de gamma típicos de 2,2 a 3,5. La película comercial también tiene una gamma mayor que 1, siendo su valor medio 1,5.

Los amplificadores que funcionan linealmente tienen una gamma que es casi igual a la unidad (fig. 7-15*c*). La respuesta rectilínea muestra que la tensión de la señal de salida es proporcional a la tensión de la señal de entrada, sin favorecer ningún nivel de señal. Sin embargo, si se desea se puede conseguir que un amplificador funcione en la posición curva de su característica de transferencia variando la polarización de trabajo. El amplificador no lineal se puede utilizar como etapa de control de gamma. Un valor de gamma de 0,4545 compensa el de 2,22 para obtener una gamma total de 1.

Preguntas de prueba 7-10
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Afecta la gamma al contraste, o al brillo?
b. ¿Es mayor o es menor que 1 la gamma de los tubos de imagen?

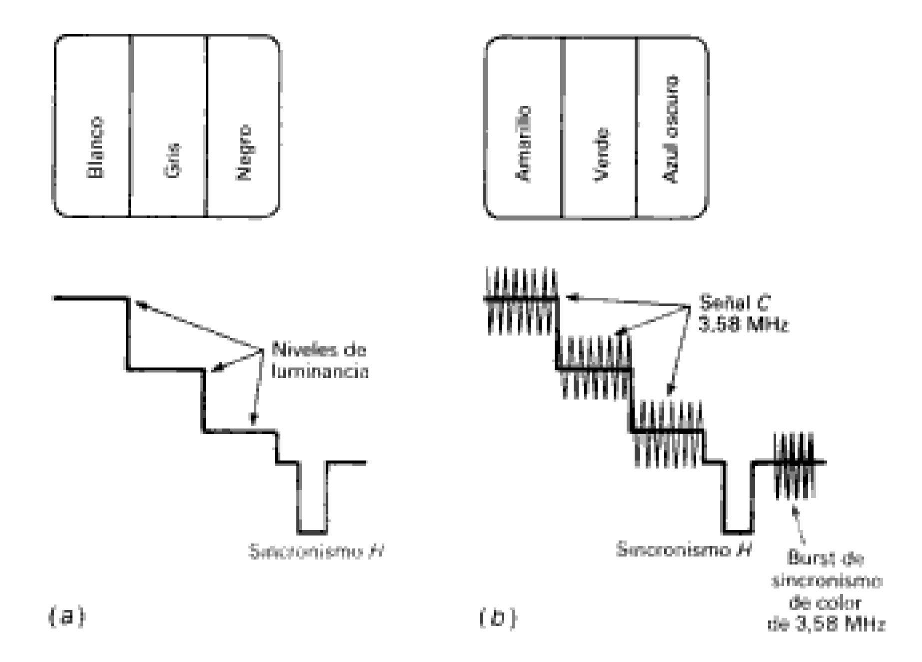


Fig. 7-16. Señal de vídeo con y sin color. (a) Señal monocromática sólo, para información de imagen de blanco, gris y negro; (b) combinada con señal de crominancia de 3,58 MHz para información de color.

7-11 Información de color en la señal vídeo

En la televisión en color, la señal vídeo compuesta incluye la señal de crominancia de 3,58 MHz. Para la comparación, la figura 7-16 muestra una señal vídeo con y sin color. La polaridad está representada con sincronismo y negro abajo mientras el blanco está arriba. Las amplitudes relativas en la figura 7-16*a* disminuyen desde el blanco para la primera barra a la izquierda, hasta el nivel de gris, y luego se aproximan al nivel de negro. Estos niveles corresponden al brillo relativo, o valores de luminancia, correspondientes a la información monocromáticas.

En la figura 7-16*b*, la señal vídeo tiene añadida la señal de crominancia de 3,58 MHz para la información de color en las barras de amarillo, verde y azul. Los colores específicos en la señal *C* no están puestos de manifiesto a causa de que los ángulos de fase relativos y las amplitudes no están representados. Aquí lo principal es que la diferencia entre la televisión monocromática y la televisión en color consiste en la señal de crominancia de 3,58 MHz. En el capítulo 8 "Circuitos y señales de televisión en color" se explican más detalles acerca de la señal *C* de 3,58 MHz.

Obsérvese que los niveles de luminancia en la figura 7-16*a* son los mismos que en los niveles medios para las variaciones de señal en la figura 7-16*b*. Esto significa que, sin la señal *C*, las barras de color en la figura 7-16*b* hubiesen sido reproducidas en monocromía como las barras de blanco y gris en la 7-16*a*.

Se observa también que la señal de color en la figura 7-16*b* tiene en el umbral posterior del impulso de sincronismo horizontal un *burst* de sincronismo de color. Este burst consiste en 8 a 11 ciclos de la subportadora de color de 3,58 MHz. Su objetivo es sincronizar el oscilador de color de 3,58 MHz del receptor. El burst y la señal *C* son ambos de 3,58 MHz, pero el burst no tiene información de imagen, ya que sólo está presente durante el tiempo de borrado.

Preguntas de prueba 7-11
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. La información de color de la señal vídeo está en la señal *C* de 3,58 MHz.
b. Diferentes colores pueden tener valores más altos o más bajos de luminancia.

RESUMEN

1. La señal vídeo compuesta incluye la señal de cámara con la información de imagen, los impulsos sincronismo y los impulsos de borrado.
2. La escala IRE para las amplitudes de señal vídeo incluye 140 unidades p-p (fig. 7-5). El sincronismo contiene 40 unidades IRE, con 92,5 unidades para la señal de cámara. El negro se ajusta en 7,5 unidades desde el nivel de borrado.
3. Los impulsos de borrado horizontal de 15.750 Hz borran la retraza de cada línea *H* haciendo que la señal vídeo asuma el nivel negro de borrado. La anchura media de los impulsos de borrado *H* es 0,16*H* o sea 10 μs.
4. Los impulsos de sincronismo horizontal de 15.750 Hz sincronizan la exploración de cada línea *H*. Los impulsos de sincronismo están superpuestos en el nivel de supresión o de umbral de los impulsos de borrado *H*. La anchura de los impulsos de sincronismo *H* es aproximadamente de 5 μs, o sea, la mitad del tiempo de borrado *H*. El umbral anterior precede inmediatamente al impulso de sincronismo *H*; el umbral posterior sigue inmediatamente al impulso de borrado.
5. Los impulsos de borrado vertical de 60 Hz suprimen la exploración durante la retraza vertical. Son mucho más largos que los de borrado *H*, y tienen un valor típico de 0,08*V*. Este período es igual al tiempo necesario para borrar 21 líneas en cada campo.

6. Los impulsos de sincronismo vertical de 60 Hz sincronizan la exploración de cada campo V. Estos impulsos de sincronismo están superpuestos en el nivel de borrado o de umbral de los impulsos de borrado *V*. La anchura de los impulsos de sincronismo *V* es el tiempo necesario para explorar tres líneas *H* con hendiduras en intervalos de media línea.
7. Inmediatamente antes y después de los impulsos sincronismo *V* hay un grupo de impulsos de igualación. Con separación de media línea, la frecuencia de los impulsos igualadores es de 31.500 Hz.
8. Las altas frecuencias de vídeo de las variaciones de la señal de cámara corresponden a los pequeños detalles horizontales. Para una señal de vídeo de 4 MHz, el número de detalles horizontales en una línea es de 426.
9. La relación de utilización media de 0,7 significa que el 70 % de las líneas visibles de exploración se utilizan en la resolución de detalles en dirección vertical.
10. La componente c.c. de cualquier señal es su eje de valor medio. En la señal vídeo, la componente de c.c. indica el brillo del fondo con variaciones de señal.
11. Gamma es un número que indica cómo se expande o se comprime el contraste. Los tubos de imagen tienen una gamma de 2,2, que refuerza las tensiones de señal para el blanco.
12. En televisión en color, la señal vídeo compuesta incluye la señal de croma de 3,58 MHz, con el burst de sincronismo de color, como muestra la figura 7-16.

AUTOEXAMEN

Respuestas al final del libro

Contestar verdadero o falso

1. Las tres componentes de la señal vídeo compuesta son los siguientes: la señal de cámara, los impulsos de borrado y los impulsos de sincronismo, suponiendo ausencia de color.
2. Los impulsos de sincronismo transmitidos durante el tiempo de borrado vertical incluyen los impulsos de igualación, el impulso de sincronismo vertical almenado y los impulsos de sincronismo horizontal.
3. Durante el tiempo del umbral anterior antes de un impulso de sincronismo horizontal, el haz explorador está en el borde izquierdo de la trama.
4. Las amplitudes de sincronismo alcanzan 40 unidades IRE.
5. Las variaciones entre negro y blanco en la señal de cámara alcanzan 140 unidades IRE.
6. El tiempo de traza visible de una línea horizontal es aproximadamente 10 μs.
7. Cuando se inicia el impulso de borrado vertical, el haz explorador está en la parte superior de la trama.
8. Los impulsos igualadores y las hendiduras del impulso de sincronismo vertical están espaciados a intervalos de media línea.
9. Los impulsos de borrado horizontal pueden producir barras negras horizontales en los lados de la trama.

10. El impulso de sincronismo vertical de un campo se inicia separado media línea de su campo anterior.
11. Las variaciones de la señal de cámara entre sucesivos impulsos horizontales de borrado corresponden a la información desde la izquierda hasta la derecha de la imagen.
12. En la imagen, la mitad de la izquierda es blanca y la mitad de la derecha es negra. La frecuencia correspondiente de la señal para la exploración de una línea es aproximadamente 19 kHz.
13. En la imagen, la mitad superior es blanca y la mitad inferior es negra. La frecuencia de la señal correspondiente para la exploración vertical debe ser entonces ligeramente más alta que 200 Hz.
14. Las frecuencias altas de la señal vídeo corresponden a un mayor detalle horizontal en la imagen.
15. Los tubos de imagen tienen una gamma mayor que 1, lo que favorece al blanco y aumenta el contraste en la imagen reproducida.
16. El brillo medio de la imagen reproducida depende de la polarización de c.c. del tubo de imagen.
17. La señal de crominancia y el burst de sincronismo representados en la figura 7-16 tienen la misma frecuencia: 3,58 MHz.
18. Un cuadro de televisión contiene aproximadamente la misma cantidad de detalle que uno de película de 35 mm.

PREGUNTAS DE ENSAYO

1. Para las siguientes imágenes, dibujar la señal vídeo compuesta de dos líneas consecutivas en la exploración de (*a*) un cuadro todo blanco, (*b*) dos barras blancas verticales y dos barras negras igualmente espaciadas, (*c*) 10 pares de barras verticales. ¿Por qué tiene esta señal una frecuencia más alta en comparación con la de (*b*)?
2. ¿Por qué se insertan los impulsos de sincronización durante el tiempo de borrado?
3. ¿Cuál es la función de los impulsos de borrado horizontal? ¿Y la de los impulsos de borrado vertical?
4. Trazar el movimiento del haz de exploración desde el comienzo hasta el final del borrado vertical.
5. Definir ajuste de negro, gamma y relación de utilización.
6. Explicar por qué se hace que el nivel de borrado corresponda al negro en la imagen reproducida.
7. Enumerar tres tipos de impulsos de sincronismo en el tiempo de borrado *V*.
8. En los siguientes pares, ¿cuál es el más largo?: (*a*) el impulso del borrado *V* o el de sincronismo *V*; (*b*) el impulso de borrado *H* o el de sincronismo *H*; (*c*) el impulso de borrado *V* o el de borrado *H*.
9. Explicar brevemente la escala IRE de amplitudes de la señal vídeo.
10. Poner un ejemplo de la componente de c.c. en cualquier forma de onda de señal.

PROBLEMAS

Soluciones de los problemas de número impar al final del libro

1. En la carta o imagen de prueba de la figura 7-11, si hubiese 300 cuadrados en una línea, ¿cuál sería la frecuencia de las variaciones correspondientes de la señal? Utilizar 53,3 μs para el tiempo de traza visible.
2. Con una relación de utilización de 0,7, ¿cuál es el máximo número de detalles verticales correspondientes a un tiempo de borrado vertical de $0{,}08V$?
3. Se supone una reproducción de facsímil con especificaciones de 200 líneas por cuadro, exploración progresiva y 5 cuadros por segundo. Calcular: (*a*) el tiempo de exploración de una línea, incluyendo la traza y la retraza; (*b*) el tiempo de traza visible de una línea con borrado del 4%; (*c*) la frecuencia vídeo correspondiente a 100 elementos de blanco y negro, en total, en una línea.
4. Calcular la anchura de cada detalle horizontal en una pantalla de 20 pulgadas de ancho con una frecuencia de señal vídeo de 0,5 MHz.
5. Con referencia a las normas mundiales de televisión del apéndice D, calcular el tiempo necesario para explorar una línea, incluyendo la traza y la retraza para los sistemas de: (*a*) Estados Unidos; (*b*) Europa occidental.

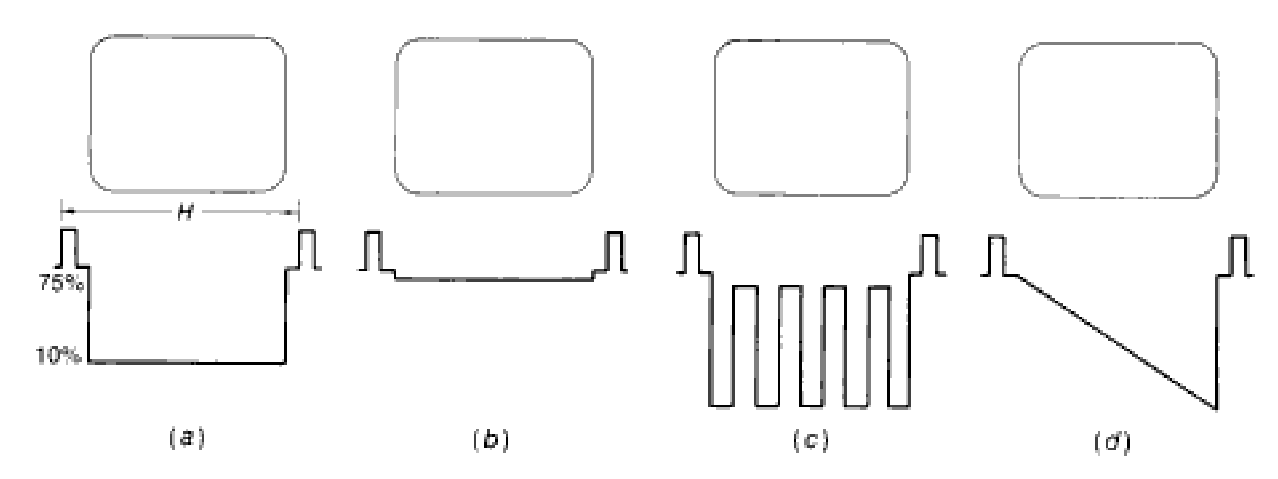


Fig. 7 - 17. Corresponde al problema 6.

6. Indicar las imágenes que corresponden a las señales vídeo de la figura 7-17. Se supone que todas las líneas de la señal vídeo son las mismas que las indicadas.

PREGUNTAS ESPECIALES

1. ¿Cómo podría tener un sistema de televisión más de 426 detalles horizontales?
2. ¿Cómo sería posible hacer que el número de detalles verticales fuese mucho mayor?
3. ¿Por qué una imagen de televisión de 4 pies × 3 pies tiene la misma cantidad de detalles que la imagen en una pantalla de 19 pulgadas?

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE PRUEBA

7-1 **a.** Señal de cámara, sincronismo *H* y borrado *H*
b. Figura 7-3
7-2 **a.** 40
b. 7,5
c. 92,5
7-3 **a.** 10,2
b. 53,5
c. 5
7-4 **a.** Sincronismo *V*
b. Borrado *V*
c. Igualación
7-5 **a.** F (falso)
b. V (verdadero)
7-6 **a.** Negativa
b. Figura 7-10 *b*
7-7 **a.** *V*
b. *H*
c. *H*
7-8 **a.** 426
b. 144.000
7-9 **a.** Oscura
b. Cero
7-10 **a.** Contraste
b. Mayor
7-11 **a.** V
b. V

8

Circuitos y señales de televisión en color

Una imagen en color es realmente una imagen monocromática pero con la adición de colores para las partes principales de la escena. La información de color necesaria está en la señal de crominancia (*C*) de 3,58 MHz. En efecto, si se suprime la señal de color en un televisor mediante el control de color, la imagen que aparece en la pantalla es de blanco y negro. La imagen monocromática se produce por la señal de luminancia (*Y*). Con la señal *C* y la señal *Y* la imagen reproducida es de color natural.

En la práctica se pueden producir todos los colores como combinaciones de rojo, verde y azul, que son los colores primarios. Todos los demás, incluyendo el blanco, son mezclas de ellos. En la lámina 1 se muestra una imagen típica reproducida en la pantalla de un tubo de imagen tricolor. En las secciones siguientes se explican más detalles:

8-1 Señales vídeo de rojo, verde y azul

El sistema de televisión en color comienza y termina con rojo, verde y azul para la información de color en la escena. La cámara suministra estas señales vídeo de luz de diferentes colores. El tubo de imagen convierte las señales vídeo de rojo, verde y azul en la luz de los colores correspondientes a los de la imagen original captada por el tubo de cámara. En televisión, las tensiones de la señal vídeo de color corresponden a los colores.

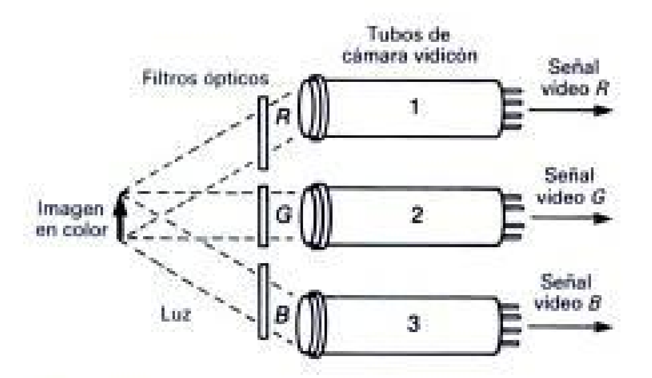


Fig. 8 - 1. Tres tubos de cámara vidicón produciendo las señales vídeo R, G *y* B *para los colores rojo, verde y azul en la imagen.*

Tensiones vídeo del color. Referencia a la figura 8-1, donde se utilizan tres tubos de cámara vidicón separados para el rojo, el verde y el azul. Estos colores de la escena son separados por filtros ópticos de color para los tubos de cámara. En consecuencia, la salida del tubo de cámara 1 es una señal vídeo de rojo (*R*) que contiene sólo la información de las partes rojas de la escena. Análogamente, los tubos 2 y 3 producen señales vídeo de verde (*G*) y azul (*B*).

En la figura 8-2, el tubo de imagen tiene tres cañones electrónicos para los puntos de fósforo rojo, verde y azul en la pantalla. Cada cañón tiene la función usual de producir un haz de electrones, pero el haz sólo excita un color. La razón es que la máscara de sombra o reguladora tiene minúsculos orificios alineados con las tríadas de puntos. Cuando los haces convergen con la inclinación correcta, los electrones pasan a través de la máscara y excitan los puntos de color.

El cañón del rojo produce una trama roja y la correspondiente imagen en la pantalla; el cañón del verde y el cañón del azul hacen lo mismo para sus colores. Si sólo está trabajando un cañón, sólo se verá un color.

Estando funcionando los tres cañones, la pantalla reproduce el rojo, el verde y el azul y sus mezclas de color. En efecto, la trama blanca es realmente una combinación de rojo, verde y azul.



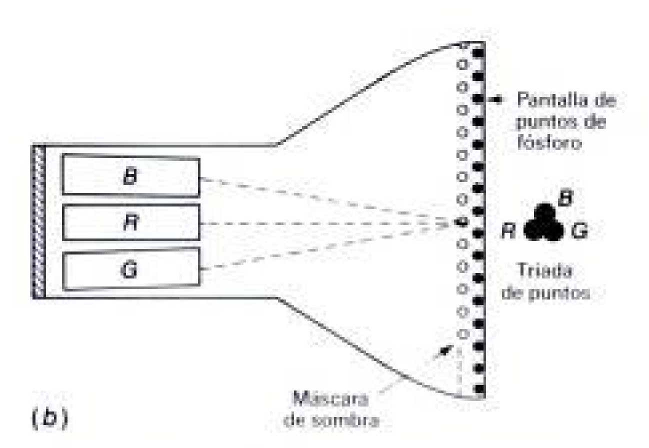


Fig. 8 - 2. (a) Fotografía del tubo de imagen tricolor de tres cañones. (b) Construcción interna con tres cañones electrónicos, máscara de sombra y tríadas de puntos de fósforos rojo, verde y azul.

Aquí están representados puntos de color, pero la pantalla puede tener franjas verticales de fósforos rojo, verde y azul.

Codificación y decodificación. En televisión de circuito cerrado las señales de rojo, verde y azul son la única información necesaria para reproducir la imagen. Sin embargo, en la difusión de televisión estas señales de color no son compatibles con los sistemas monocromáticos de televisión para receptores en blanco y negro.

Las señales vídeo *R*, *G* y *B* no son compatibles para los receptores en blanco y negro porque cada una sólo contiene una parte de la información de imagen. Son todas necesarias, pero habría que utilizar demasiado ancho de banda para las tres señales separadas.

Por tanto, las señales vídeo de color son codificadas combinándolas en proporciones determinadas para proveer la misma información vídeo en forma diferente. El resultado de la codificación es la formación de dos señales separadas: la señal de crominancia, o croma, *C*, para el color y la señal de luminancia, o brillo, *Y*, para la información de blanco y negro.

En el receptor, el tubo de imagen en color necesitará también las señales vídeo *R*, *G* y *B* correspondientes a los fósforos de color de la pantalla. Sin embargo, la señal *C* es decodificada por demodulación. Luego la salida detectada es combinada con la señal de luminancia para recuperar las señales vídeo originales de rojo, verde y azul para el tubo de imagen en color. En las figuras 8-3 a 8-5 están ilustrados más detalles de las señales vídeo *R*, *G* y *B*.

Diferentes amplitudes de *R*, *G* y *B*. En la figura 8-3, están representadas las señales vídeo *R*, *G* y *B* separadas que corresponden a una línea horizontal explorada a través de la imagen con barras verticales roja, verde y azul. Cada barra representa la información de imagen de un color en particular. La tensión de señal *R* tiene toda su amplitud mientras es explorada la barra roja. Sin embargo, no hay señal vídeo *R* para las informaciones verde o azul. Análogamente, la tensión vídeo *G* sólo se produce cuando es explorada la información de imagen verde, y la tensión vídeo *B* indica sólo información de azul.

Diferentes amplitudes del mismo color. En la figura 8-4 las barras roja, rosa y rosa pálido tienen valores decrecientes de la intensidad del color. Por tanto, las tensiones vídeo correspondientes tienen amplitudes decrecientes. Podemos, pues, decir que las tensiones vídeo *R*, *G* y *B* indican información de esos colores, con las amplitudes relativas que dependen de la intensidad del color.

Obsérvese que, conjuntamente con las ampli-

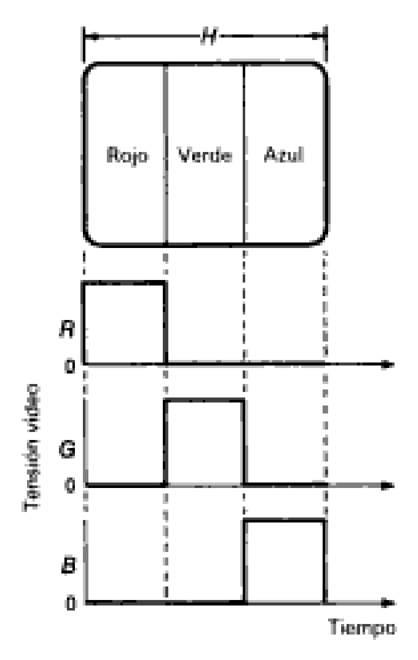


Fig. 8 - 3. Señales vídeo de color R, G y B *para las barras de color de rojo, verde y azul. Estas barras tienen diferentes matices.* H *indica una línea de exploración horizontal para la anchura de la imagen.*

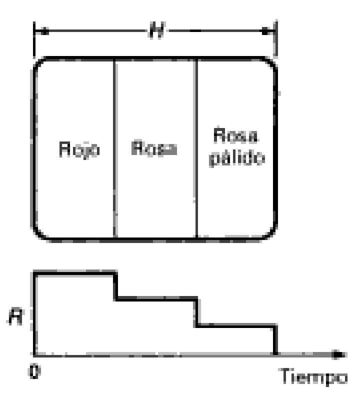


Fig. 8 - 4. Amplitudes decrecientes de la señal vídeo de color R, *para las barras roja, rosa y rosa pálido, indicando colores más débiles con menos saturación de color.*

tudes decrecientes de la señal *R*, las señales vídeo *B* y *G* tienen amplitudes crecientes para el rosa, en comparación con el rojo intenso. Las señales vídeo *B* y *G* con *R* proporcionan el blanco, que disminuye la saturación desde el rojo hasta el rosa.

Frecuencias vídeo de color. En la figura 8-5 todas las barras son rojas, pero se hacen más estrechas. Esto es precisamente un caso de menos tiempo de exploración a través de detalles más pequeños de la información de imagen. El resultado es que las frecuencias vídeo son más altas. Para las informaciones de crominancia o de luminancia, las componentes de alta frecuencia de la señal vídeo determinan la cantidad de detalles horizontales que pueden ser reproducidos en la imagen.

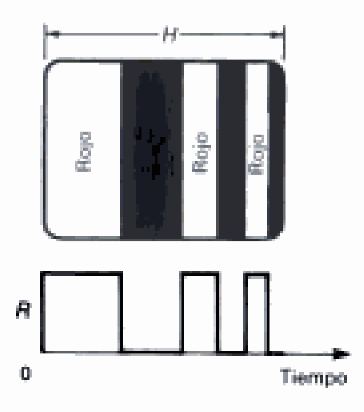


Fig. 8 - 5. Ejemplo de frecuencias crecientes de la señal vídeo de color para barras de color con menos anchura, indicando detalles más pequeños de información.

Preguntas de prueba 8-1
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuáles son los colores de los fósforos de un tubo de imagen tricolor?
b. ¿Cuál es la amplitud de la señal vídeo *R* de la barra verde en la figura 8-3?
c. ¿Qué barra de color produce en la figura 8-4 la mayor amplitud de la señal vídeo *R*?
d. ¿En la figura 8-5 tiene diferentes amplitudes o diferentes frecuencias la señal vídeo *R*?

8-2 Adición de color

Se puede producir casi cualquier color añadiendo rojo, verde y azul en diferentes proporciones. El efecto aditivo se obtiene superponiendo los colores individuales. En un tubo de imagen tricolor, las informaciones de los colores rojo, verde y azul en la pantalla son integradas por el ojo humano para proveer la mezcla de color de la escena real. La persistencia de las imágenes proporciona el efecto de mezcla de color.

Mezclas aditivas de color. La idea de la adición de colores está ilustrada en la lámina de color VII. Los tres círculos de rojo, verde y azul se solapan parcialmente. Donde se superponen los círculos, el color mostrado es la mezcla producida por adición de los colores primarios. En el centro, los tres círculos de color se superponen, de lo que resulta el blanco.

Donde solamente se añaden verde y azul, el resultado es una mezcla azul verdosa llamada *ciano*. Unas personas pueden considerar este color como azul o quizá turquesa. Sin embargo, el nombre con que se conoce esta mezcla verde-azul es ciano.

Cuando sólo se añaden rojo y azul, el color rojo azulado que resulta se llama *magenta*. Este color es análogo al violeta o al púrpura, pero el magenta tiene más rojo.

El amarillo es una mezcla aditiva de color con aproximadamente las mismas partes de rojo y de verde. Más rojo y menos verde producen naranja.

De la misma manera, prácticamente todos los colores naturales se pueden producir como mezclas de rojo, verde y azul, incluyendo los colores llamados neutros, tales como blanco y gris.

Colores primarios. Los colores primarios se combinan para formar diferentes mezclas. La única condición es que no se pueda volver a crear el primario mezclando los otros primarios. El rojo, el verde y el azul son los colores primarios utilizados en televisión a causa de que producen un amplio margen de mezclas de color cuando se les combina. Por tanto, rojo, verde y azul son primarios aditivos.

Colores complementarios. El color que produce el luz blanca cuando es añadido a un primario es el *complemento* del primario. Por ejemplo, el amarillo, cuando se añade al azul, produce luz blanca. Por tanto, el amarillo es el complemento del primario azul.

El hecho de que el amarillo más el azul sea igual al blanco es consecuencia de que el amarillo es una mezcla de rojo y verde. Por tanto, la combi-

nación de amarillo y azul realmente incluye a los tres primarios.

Análogamente, el magenta es el complemento del verde, y el ciano es el complemento del rojo. También los colores complementarios ciano, magenta y amarillo se denominan respectivamente *menos rojo*, *menos verde* y *menos azul* porque cada uno puede ser producido como luz blanca menos el primario correspondiente.

Un primario y su complemento se pueden considerar como colores opuestos. La razón es que el complemento de cualquier primario contiene los otros dos primarios. Esta idea está ilustrada por el círculo de color de la figura 8-6, donde las líneas de trazos conectan cada primario y su color complementario opuesto.

El matiz de los colores complementarios se puede ver en la lámina de color VII. El ciano es un azul verdoso y el magenta es un rojo purpúreo. Cuando se consideran como colores primarios en un sistema sustrativo, estos colores se suelen denominar simplemente azul, rojo y amarillo, pero este azul es realmente ciano con verde y azul; el rojo es magenta, combinación del azul y rojo, y el amarillo combina el verde y el rojo.

En la fotografía de color se utiliza un *sistema sustractivo*. En este método, las mezclas se obtienen restando de la luz blanca los colores primarios individuales por medio de filtros de color. Así el ciano, el magenta y el amarillo son los colores primarios sustrativos utilizados para suprimir por filtrado el rojo, el verde y el azul respectivamente.

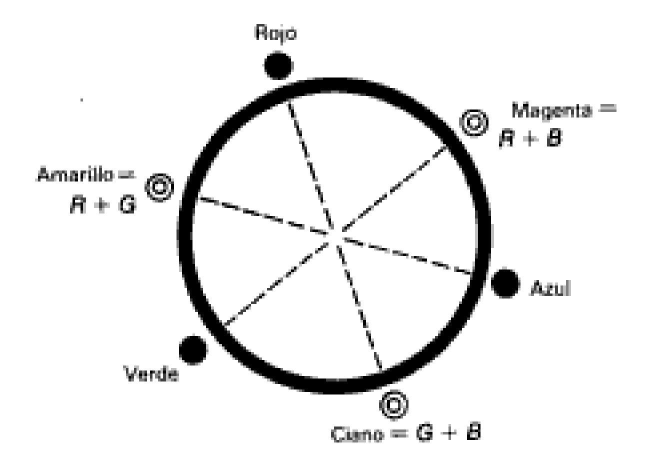


Fig. 8 - 6. Rueda de color mostrando los colores primarios rojo, verde y azul con sus colores opuestos, o complementarios, ciano, magenta y amarillo.

En resumen, los primarios aditivos para la televisión en color y sus colores complementarios son:

COLOR PRIMARIO	COLOR COMPLEMENTARIO
Rojo	Ciano
Verde	Magenta
Azul	Amarillo

Por otra parte, los componentes de los colores complementarios son:

Ciano = azul + verde
Magenta = rojo + azul
Amarillo = rojo + verde

Adición de tensiones de color. Lo que se ve en la pantalla es la combinación superpuesta de rojo, verde y azul. Este efecto es más obvio cuando se mira sólo una trama sin imagen. Si se desactiva el cañón de azul ya sea ajustando la tensión de polarización o bien la de rejilla pantalla, entonces los haces electrónicos de los cañones de rojo y verde pueden producir una trama amarilla. Si hay más rojo y menos verde, el color de la trama se convierte en naranja.

Análogamente, cuando funcionan los cañones de azul y verde sin el cañon de rojo se produce ciano; o bien los cañones de rojo y azul solos producen magenta. Funcionando los tres cañones para reproducir rojo, verde y azul en proporciones correctas, la trama resultante es blanca.

Se desactivan los tres cañones para reproducir el negro, que es justamente la ausencia de luz. El negro es el mismo color siempre; es la monocromía.

Polaridades complementarias de la tensión. Otra característica importante de las tensiones vídeo de color es el hecho de que las polaridades opuestas corresponden a colores complementarios. Para explicar esta idea, supongamos que la tensión vídeo del azul tiene la polaridad que aumenta la corriente del haz del cañón de azul. Más tensión vídeo de azul produce más corriente del haz en el cañón de azul, para producir más azul en la trama y en la imagen. Aunque los tres cañones estén funcionando, en este ejemplo sólo consideramos el efecto del azul. Ahora obsérvese que la polaridad opuesta de la tensión vídeo de azul disminuye

la corriente del haz. Entonces menos corriente del haz del cañón de azul reduce la cantidad de azul en la pantalla. Se consigue el mismo efecto aumentando el rojo y el verde, que es una combinación de amarillo. Además, el amarillo es el complemento del azul. El resultado es, pues, que la inversión de las polaridades de una tensión vídeo de color produce un cambio a su color complementario.

Preguntas de prueba 8-2
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Qué color produce blanco cuando es añadido al amarillo?
b. ¿Qué color es el complemento del azul?
c. ¿Qué color produce el verde cuando es añadido al azul?

8-3 Definiciones de los términos de televisión en color

Todo color tiene tres características que especifican la información visual: su matiz, o tinte, que es lo que generalmente llamamos el color; su saturación, y su luminancia. Saturación indica cómo está concentrado o es intenso, o vívido, el color. Luminancia indica el brillo, o el sombreado de gris que tendría en una imagen de blanco y negro. Ahora definiremos estas propiedades de los colores y otros términos importantes para analizar las características especiales de la televisión en color.

Blanco. Realmente, la luz blanca debe ser considerada como una mezcla de los colores primarios rojo, verde y azul en las proporciones correctas. Un prisma de vidrio produce los colores del arco iris por descomposición de la luz blanca. Para obtener el efecto opuesto, se pueden añadir rojo, verde y azul para producir el blanco.

El blanco de referencia para la televisión es especificado como temperatura de color de 6500 K. Éste es un blanco azulado, como el de la luz del día. El símbolo K indica grados Kelvin en la escala absoluta de temperaturas. En la escala Kelvin, 0 K corresponden a −273 °C.

Cuando se pone a punto una cámara de color se la apunta hacia una cartulina o tarjeta especificada como blanco de referencia. Luego se ajusta la cámara para que todas las salidas vídeo *R*, *G* y *B* sean iguales.

Matiz. El color en sí mismo es su matiz, o tinte. Las hojas verdes tienen matiz verde; una manzana roja tiene un matiz rojo. El color de cualquier objeto se distingue principalmente por su matiz. Resultan diferentes matices cuando diferentes longitudes de onda de la luz producen la sensación visual en el ojo.

Saturación. Los colores saturados son vívidos, intensos, profundos o fuertes. Los colores pálidos o débiles tienen poca saturación. La saturación indica cómo está diluido el color por el blanco. Por ejemplo, el rojo vívido o intenso está completamente saturado. Cuando el rojo es diluido por el blanco, el resultado es el rosa, que realmente es un rojo desaturado. Obsérvese que un color completamente saturado no tiene blanco.

Crominancia. Este término se utiliza para combinar el matiz y la saturación. En la televisión en color, la señal de color de 3,58 MHz es específicamente la señal de crominancia. En resumen, la crominancia incluye toda la información de color sin el brillo. La crominancia y el brillo juntos especifican la información de imagen completamente. La crominancia se denomina también *croma*.

Podemos reservar el término *crominancia*, o *croma*, para la señal subportadora modulada de 3,58 MHz. Esta señal *C* contiene el matiz y la saturación para todos los colores. Su frecuencia es 3,58 MHz. Sin embargo, antes de la modulación y después de la demodulación, la información de color está en las señales vídeo de color rojo, verde y azul. El margen de estas frecuencias de modulación, o banda base para el color, se puede considerar prácticamente que es de 0 a 0,5 MHz.

Resumamos estas diferencias importantes en los márgenes de frecuencia:

Señal C: Incluye las frecuencias o bandas laterales por encima y por debajo de la subportadora modulada de 3,58 MHz, principalmente de 3,08 a 4,08 MHz.

Señales vídeo R, G y B: Incluyen las frecuencias de la banda base de 0 a 0,5 MHz.

Señales vídeo R − Y, B − Y y G − Y: Incluyen también las frecuencias de la banda base de 0 a 0,5 MHz. Sin embargo, estos símbolos significan mezclas de color a causa de que cada una tiene las componentes de color de la señal −*Y*.

Luminancia. La luminancia indica la cantidad de intensidad de luz que es percibida por el ojo



Lámina I *Imagen de color normal.*



Lámina IV *Barra verde en la pantalla para ajuste de pureza con cañones en línea.*

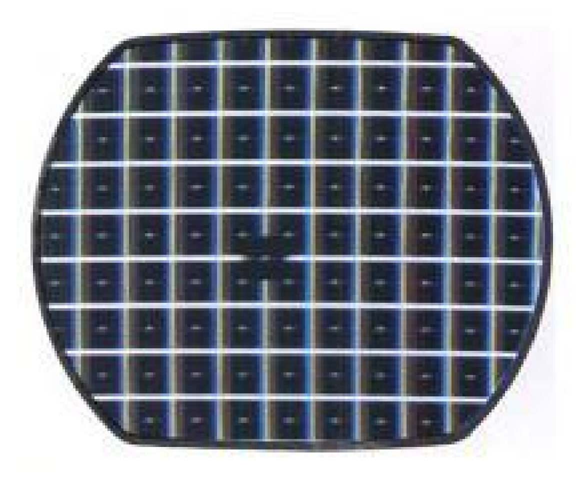


Lámina II *Irisación de color causada por la pobre convergencia, mostrada con una imagen de prueba.*



Lámina V *Nieve de color, o "confetti".*

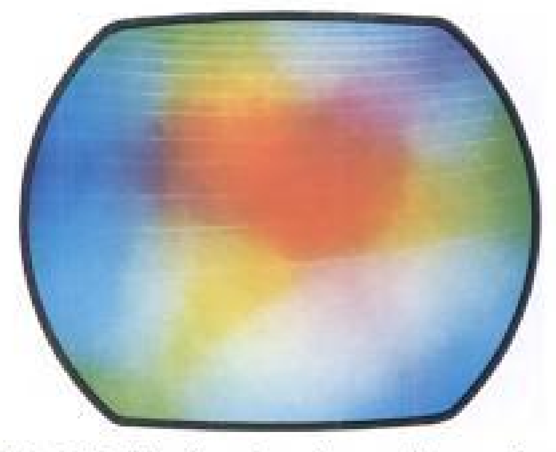


Lámina III *Mancha roja en la pantalla para ajuste de pureza con cañones en delta.*

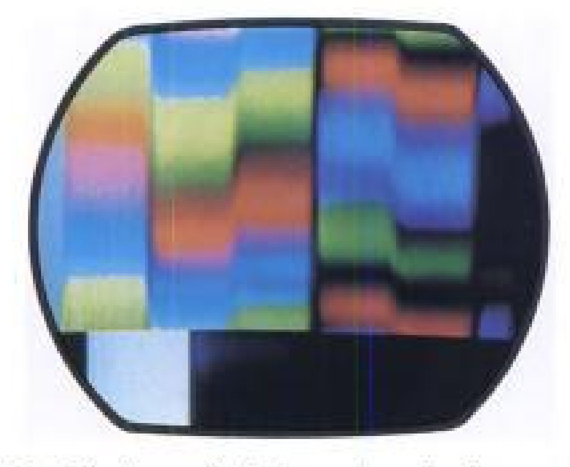


Lámina VI *Ausencia de sincronismo de color en carta de ajuste EIA.*

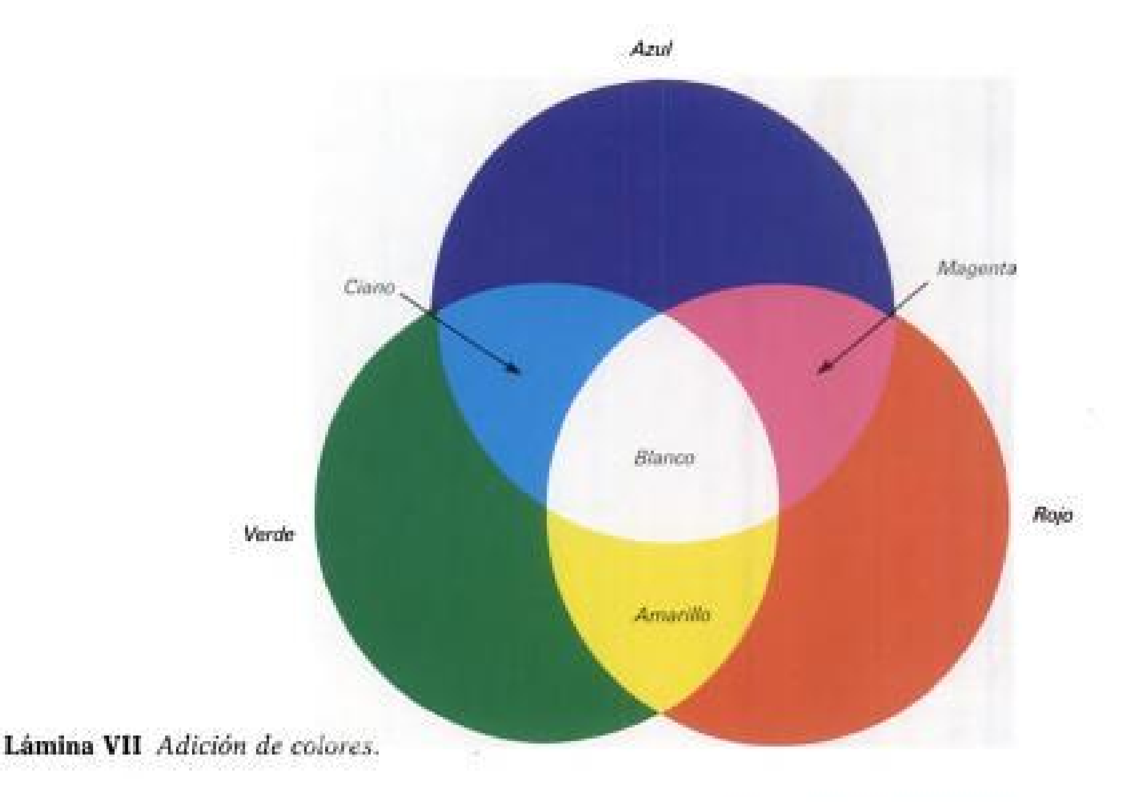


Lámina VII *Adición de colores.*

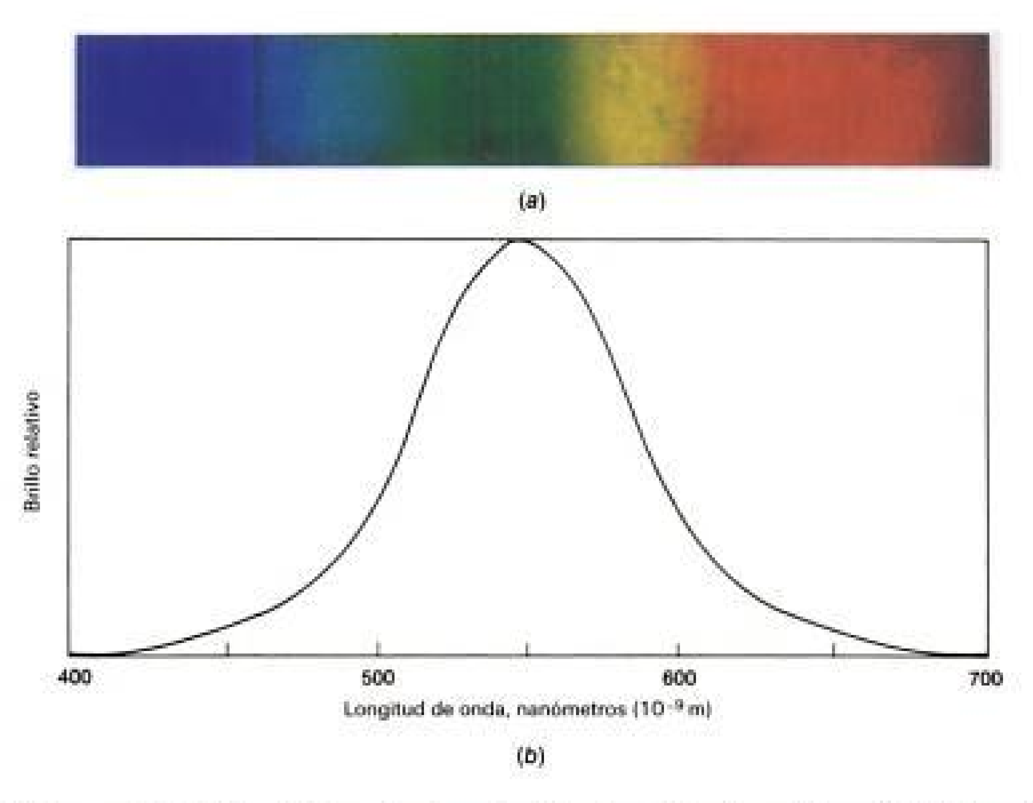


Lámina VIII *Respuesta de brillo relativo o luminancia del ojo a diferentes colores.* (a) *Matices de diferentes longitudes de onda.* (b) *Valores relativos de luminancia.*

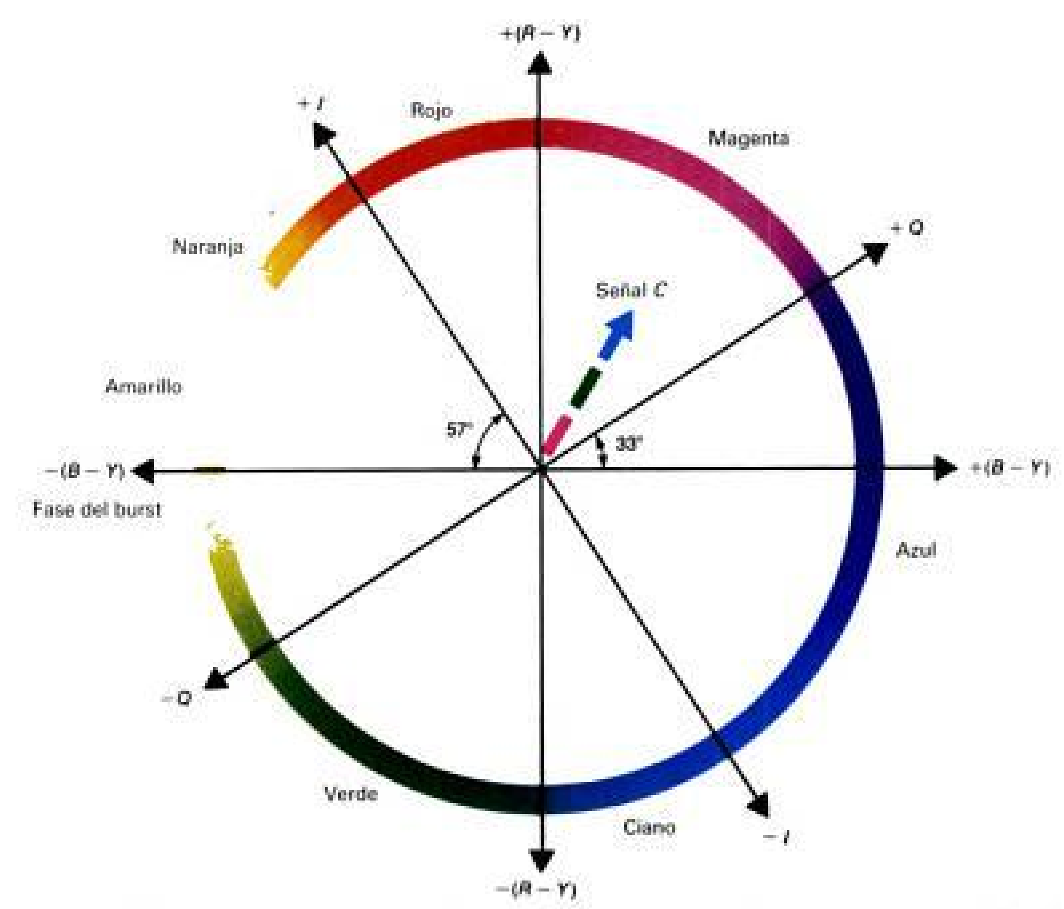


Lámina IX *Círculo de color mostrando los matices correspondientes a diferentes ángulos de fase de la señal de crominancia.*



Lámina X *Carta de ajuste de barras de color correspondientes a los ángulos de fase de matiz de la lámina XI.*

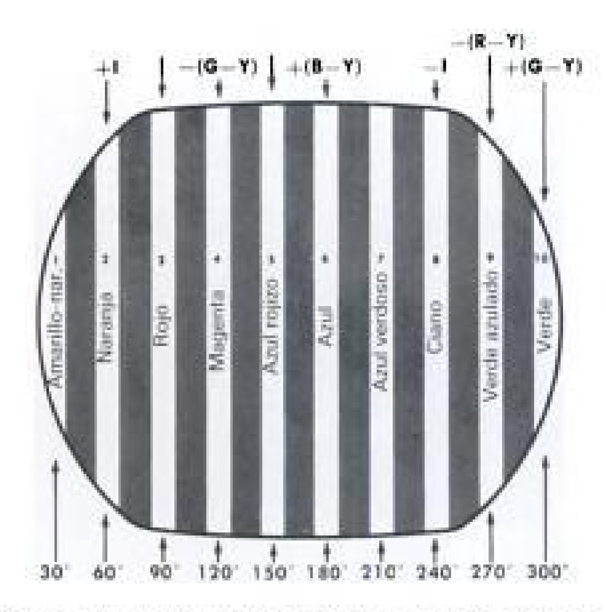


Lámina XI *Ángulos de fase de las barras de color de la lámina X. Los valores se cuentan en sentido dextrorso desde la fase del burst.*

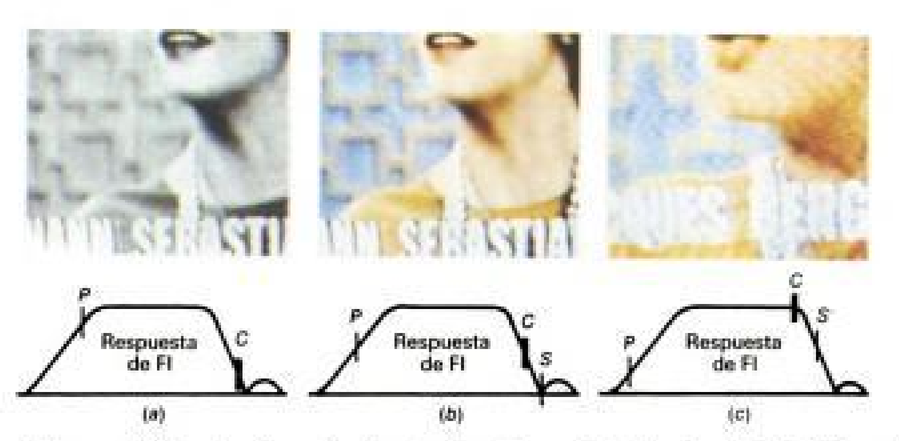


Lámina XII *Efecto del control fino de sintonía sobre la interferencia de batido de 920 kHz en la imagen.* (a) *Sin color ni batido.* (b) *Sintonía correcta con color y sin batido.* (c) *Color pero con figura de batido.*



Lámina XIII *Efecto plateado con altas luces de la imagen a causa de emisión baja; ilustrado sólo para cañón rojo.*



Lámina XV *Barras de color NTSC. Forma de onda del oscilograma de la lámina XVI.*



Lámina XIV *Espejos dicroicos dentro de la cámara de color.*



Lámina XVI *Forma de onda del oscilograma en la frecuencia* H *para las barras de color NTSC de la lámina XV.*

como brillo. En una imagen en blanco y negro las partes más claras tienen más luminancia que las partes más oscuras.

Sin embargo, diferentes colores tienen también sombras de luminancia ya que algunos colores aparecen más brillantes que otros. Esta idea está ilustrada por la curva relativa de luminosidad en la lámina de color VIII*b*. La curva muestra que los matices verde entre ciano y naranja tienen el máximo brillo.

La luminancia indica realmente cómo aparece el color en la reproducción de blanco y negro. Consideremos que se está fotografiando una escena en blanco y negro o televisando en monocromía. La imagen incluye un vestido lleno de colorido con una falda roja oscura, una blusa amarilla y un sombrero azul claro. Con la misma iluminación estos diferentes matices tendrán diferentes valores de brillo y serán reproducidos en diferentes sombras de monocromía.

Como muestra el gráfico de la lámina de color VIII para diferentes valores de brillo de los diferentes matices, el rojo oscuro tiene poco brillo, el amarillo tiene un alto brillo y el azul tiene un brillo medio. Por consiguiente, la reproducción de la imagen en monocromía presentará una blusa blanca (para el amarillo) con una falda negra (para el rojo oscuro) y un sombrero gris (para el azul claro). Las variaciones relativas de brillo para los diferentes matices hacen posible reproducir escenas, que son de color, como imágenes similares en blanco y negro.

En la televisión en color la información de luminancia está en la señal de luminancia, o *Y*. La señal de luminancia sólo contiene variaciones de brillo para toda la información existente en la imagen. Esta *Y* no debe ser confundida con la abreviatura de *yellow* (amarillo en inglés).

Los componentes de la señal *Y* son 30 % de rojo, 59 % de verde y 11 % de azul. Estos porcentajes dan la sensación aproximada del brillo en la visión humana para los diferentes colores. En consecuencia, una imagen monocromática producida por la señal *Y* aparece como sombreados correctos de gris y blanco.

Compatibilidad. La televisión en color es compatible con la televisión en blanco y negro a causa de que se utilizan esencialmente las mismas normas de la exploración y de que la señal de luminancia hace posible que el receptor monocromático reproduzca en blanco y negro una imagen de color. Además, los receptores de televisión en color pueden utilizar la señal monocromática para reproducir la imagen en blanco y negro. La difusión de la televisión en color utiliza los mismos canales de 6 MHz que en la transmisión monocromática. Además utiliza la misma frecuencia portadora.

Subportadora. La señal subportadora modula a otra onda portadora de frecuencia más alta. En la televisión en color, la información de color modula a la señal subportadora de color de 3,58 MHz, la cual modula, a su vez, a la señal portadora principal de imagen en el canal estándar de difusión.

Multiplexado. La técnica que utiliza una onda portadora para dos señales separadas se llama *multiplexado*. En la televisión en color, la señal *C* de 3,58 MHz es mutiplexada con la señal *Y* ya que ambas modulan la portadora principal de imagen. Otro ejemplo de multiplexado es la de difusión en estéreo de la banda de radiodifusión FM comercial, para transmitir las señales de los canales izquierdo y derecho en una portadora de RF.

Preguntas de pruebas 8-3
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Puede ser rojo el matiz de un color, o puede ser roja su luminancia?
b. ¿Es el rosa un diferente matiz o una diferente saturación del rojo?
c. ¿Tiene el rojo alta, o baja luminancia?

8-4 Codificación de la información de imagen

Ahora consideremos con mayor detalle cómo se produce la señal de crominancia para la transmisión al receptor. Primero, las tensiones video *R*, *G* y *B* proveen la información de imagen. Luego son condificadas estas señales primarias para formar las señales de crominancia y de luminancia.

Señales video de los colores primarios. La cámara recibe las luces roja, verde y azul correspondientes a la información de color de la escena para producir las señales video de los colores primarios representadas en la figura 8-7. Estas formas de onda ilustran las tensiones obtenidas en la exploración de una línea horizontal a través de las barras de color. El tubo de cámara del rojo produce la plena salida para el rojo, pero no produce

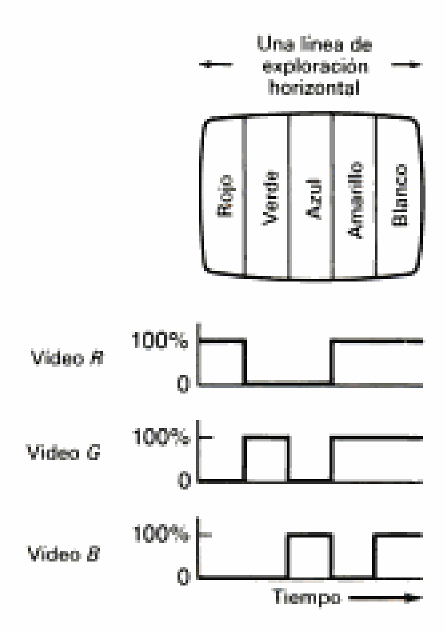


Fig. 8 - 7. Señales vídeo R, G *y* B *para la carta de barras de color. Están incluidos los colores primarios (rojo, verde y azul), un color complementario (amarillo) y el blanco.*

salida para el verde ni el azul. Análogamente, los tubos de cámara de verde y azul tienen sólo salidas para su color respectivo.

Obsérvense los valores indicados para el amarillo, como ejemplo de color complementario. Puesto que el amarillo incluye rojo y verde, la tensión vídeo es producida para ambos colores primarios, cuando los tubos de cámara de rojo y verde tienen entrada de luz a través de los filtros de color. Sin embargo no hay azul en el amarillo, lo que explica el que la tensión vídeo azul sea nula para la barra amarilla.

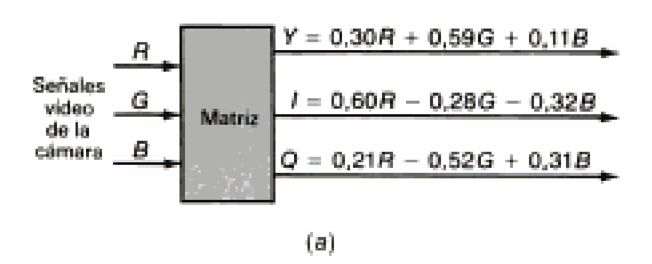
La última barra de la derecha es blanca, como ejemplo de los tres primarios. Los tres tubos de cámara tienen entrada de luz y hay señales vídeo de color para rojo, verde y azul.

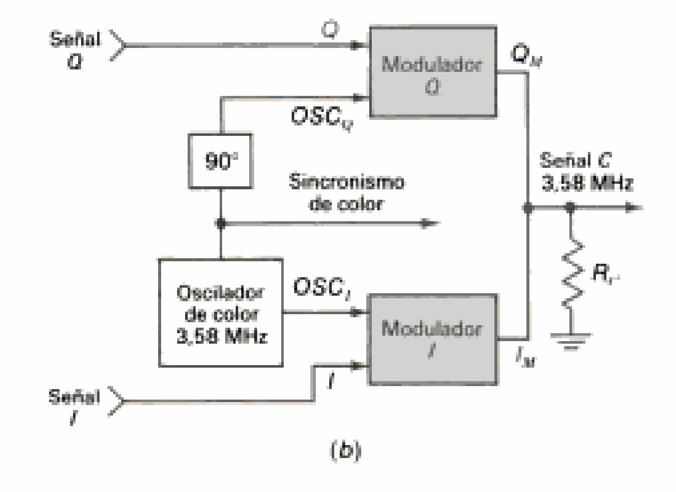
Las tensiones vídeo de rojo, verde y azul se combinan para codificar las tensiones de los colores primarios como señales de brillo y crominancia transmitidas al receptor. Este proceso está ilustrado en el diagrama de bloques de la figura 8-8.

Sección de matriz. Un circuito de matriz forma nuevas tensiones de salida partiendo de la entrada de señal. En el transmisor la matriz combina las tensiones R, G y B en proporciones dadas para formar tres señales vídeo que son las elegidas para la difusión. Una señal contiene la información de brillo. Las otras dos señales contienen el color.

Las dos señales de color de salida de la matriz deben ser mezclas de color, lo que significa que contienen R, G y B. Dos mezclas pueden tener toda la información del color original de los tres primarios. Las dos mezclas de color, más la luminancia Y, corresponden a la información real de imagen en las señales vídeo R, G y B.

Ejemplos importantes de pares de dos mezclas





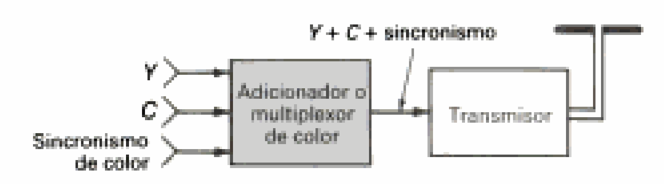


Fig. 8-8. Funciones para la codificación del color y la información de imagen monocromática en la difusión de televisión. (a) Matrizado para producir las señales vídeo Y, I *y* Q. *(b) Modulación de crominancia con* I *y* Q *para producir la señal* C. *(c) Multiplexado de las señales* Y *y* C.

de color para codificar la información de color *RGB* son

$$I \text{ y } Q \text{ vídeo}$$

o bien

$$R - Y \text{ y } B - Y \text{ vídeo}$$

Son utilizables a causa de que $R - Y$ y $B - Y$ tienen ángulos de fase de matiz separados 90°, lo mismo que las señales vídeo *I* y *Q*. En efecto, *Q* significa fase en cuadratura con respecto a la señal *I*. La diferencia de fase de 90° proporciona una buena manera de distinguir entre dos señales separadas.

Las señales *I* y *Q* están especificadas por la FCC para la modulación en el transmisor. Sin embargo, las señales $R-Y$ y $B-Y$ son más fáciles de utilizar en la mayoría de circuitos vídeo. Contienen también verde en la componente *Y*. La $-Y$ es la señal de luminancia en polaridad negativa. Realmente, *I* o *Q* se pueden convertir en $R - Y$ o $B - Y$, respectivamente, o viceversa, cuando sea necesario para la codificación o la decodificación.

Para la codificación en la figura 8-8*a*, las tres señales de la salida de la matriz son las siguientes:

1. *Señal de luminancia* o *Y*. Esta combinación de *R*, *G* y *B* contiene las variaciones de brillo correspondientes a una señal vídeo monocromática. La señal *Y* se forma tomando 30 % de vídeo *R*, 59 % de vídeo *G* y 11 % de vídeo *B*.
2. *Una mezcla de color designada señal I*. La polaridad positiva de la señal *I* es naranja; la polaridad negativa es ciano. En la presentación de pequeños detalles de color se eligen preferentemente estos colores para la señal *I*.
3. *Una mezcla de color designada señal Q*. La polaridad positiva de la señal *Q* es púrpura; la polaridad negativa es verde-amarillento.

Los signos negativos para la sustracción de las señales *R*, *G* o *B* indican que las tensiones vídeo se añaden con polaridad negativa.

Razones para las señales *I* y *Q*. Aquí la letra *Q* significa cuadratura, ya que la señal *Q* modula a la señal subportadora de color de 3,58 MHz desfasada 90° con respecto a la modulación de la señal *I*.

La fase en cuadratura se utiliza para facilitar la identificación de las dos señales vídeo de color diferentes. En el receptor, es detectada una fase para una señal, mientras otro detector desfasado 90° proporciona la señal en cuadratura. Como sólo se utilizan dos señales vídeo de color para la modulación, las dos pueden estar en cuadratura de fase.

Sin embargo, las dos señales vídeo de color utilizadas deben contener toda la información de color *R*, *G* y *B*. Por tanto, se utilizan mezclas de color. La señal *I* contiene los colores intermedios entre naranja y ciano, que son mezclas de los colores primarios verde, rojo y azul. Además, la señal *Q*, con púrpura y verde amarillento, contiene mezclas de *R*, *G* y *B*. Las dos señales *I* y *Q* juntas contienen la información de color de las tres señales primarias *R*, *G* y *B*.

Para la señal *I* se emplea más anchura de banda (1,3 MHz) en comparación con la de 0,5 MHz para la señal *Q*. La finalidad de este ancho de banda extra de la señal *I* es conseguir más detalles de color.

Experimentalmente se ha determinado que el naranja y el ciano de la señal *I* son mejores para la resolución de color de los detalles muy pequeños. Esta es la razón de por qué se especifica la mezcla de color *I* como $I = 0{,}60\,R - 0{,}28\,G - 0{,}32\,B$. Entonces, automáticamente los colores de la señal *Q* son magenta y verde amarillento a causa de que este eje de color está separado 90° del eje de color *I*.

Desventajas de las señales *I* y *Q*. La mayor anchura de banda de la señal *I* provoca un problema en el receptor. En la modulación de crominancia de 3,58 MHz, las frecuencias de la banda lateral superior pueden interferir con la señal de sonido de 4,5 MHz. Además, las frecuencias de la banda lateral inferior de la señal *I* pueden invadir el margen de frecuencia de la señal vídeo *Y* de luminancia. Para reducir la interferencia será necesario un filtrado extra. En consecuencia, los receptores utilizan pocas veces el ancho de banda adicional de la señal *I*. Los circuitos son mucho más sencillos cuando todas las señales vídeo de color tienen el mismo ancho de banda de 0,5 MHz. En los receptores para proyección en pantalla grande, sin embargo, se debe utilizar la resolución extra de color de la señal *I*.

Sin ancho de banda adicional de la señal *I* puede ser detectada la información de color de la señal *C* modulada con diferentes ángulos de fase para diferentes matices. Generalmente se utiliza la fase en cuadratura para detectar dos señales vídeo de color separadas. Ejemplos de ángulos de fase de diferentes matices son los de la figura

8-16. Como ejemplo específico, los receptores utilizan a menudo demoduladores $R - Y$ y $B - Y$. Estas dos señales de mezcla de color están también mutuamente en cuadratura, pero con ángulos de fase algo diferentes de los de las señales I y Q. Realmente, el receptor puede detectar la información de matiz de la señal C modulada de diferentes maneras siempre que el resultado final en el tubo de imagen en color sea rojo, verde y azul.

Preguntas de prueba 8-4
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso para la figura 8-8 *a*.

a. La entrada de la matriz incluye señales vídeo *R*, *G* y *B*.
b. La salida de la matriz incluye la señal de luminancia *Y* y dos señales de mezcla de color.
c. La señal *Y* tiene un 100 % de la vídeo *G*.

8-5 Modulación de crominancia

Las señales I y Q son transmitidas como bandas laterales de modulación de la subportadora de color de 3,58 MHz, que a su vez modula a la onda portadora principal de imagen. Por ejemplo, la portadora de imagen de 67,25 MHz del canal 4 es modulada por la señal subportadora de color de videofrecuencia de 3,58 MHz. En el canal de transmisión de 66 a 72 MHz, la señal de crominancia es de 67,25 + 3,58 = 70,83 MHz como frecuencia lateral de RF de la señal portadora de imagen modulada.

El valor de 3,58 MHz se elige como una frecuencia de vídeo alta para separar la señal de crominancia con respecto a las videofrecuencias más bajas de la señal de luminancia. Además, la alta frecuencia da por resultado una baja visibilidad de cualquier interferencia de croma en la señal de luminancia. En el extremo opuesto, la frecuencia de señal *C* no puede estar demasiado cerca de 4,5 MHz, con el fin de evitar las interferencias con la señal de sonido.

Obsérvese que la señal subportadora de color tiene la frecuencia vídeo de 3,58 MHz para todas las estaciones. En términos de la señal portadora de imagen RF, la señal *C* de 3,58 MHz es otro caso de modulación vídeo.

Con referencia a la figura 8-8*b*, la salida del oscilador de la subportadora de color de 3,58 MHz es acoplada a los moduladores de I y Q, que también tienen entradas de señales vídeo I y Q procedentes de la matriz. Cada circuito produce modulación de amplitud de la señal subportadora de 3,58 MHz. Obsérvense las entradas separadas para I y Q, pero la salida común combina las modulaciones de I y Q. Esta salida combinada es la señal de crominancia modulada de 3,58 MHz (*C*) o de croma.

La entrada al modulador Q desde el oscilador de 3,58 MHz es desfasada 90°. La modulación de la señal subportadora en dos fases diferentes mantiene separadas entre sí las señales I y Q. El ángulo de 90° proporciona la máxima separación de fase entre dos señales.

Obsérvense las siguientes denominaciones para las diferentes señales de entrada y salida de los moduladores que producen la señal *C* en la figura 8-8*b*:

I = señal vídeo I sin modulación
OSC_I = salida del oscilador, en concordancia de fase, en 3,58 MHz
I_M = modulación de amplitud en la señal subportadora de 3,58 MHz
Q = señal vídeo Q sin modulación
OSC_Q = salida del oscilador en cuadratura desfasada 90°
Q_M = modulación de amplitud, Q, en la señal subportadora de 3,58 MHz

Supresión de la señal subportadora. El uso de sólo las bandas laterales de modulación, sin la propia señal portadora, es lo que se llama *transmisión con portadora suprimida*. La finalidad de suprimir la señal subportadora es reducir la interferencia en 3,58 MHz, que puede producir puntos finos en la pantalla.

Burst de sincronismo de color. Con transmisión de portadora suprimida, el receptor debe tener un circuito oscilador de 3,58 MHz que genere la señal subportadora, con el fin de detectar la señal de crominancia. Además, es transmitida una muestra de la señal subportadora de 3,58 MHz con la señal *C* como referencia de fase para el oscilador de color en el receptor. En la televisión en color, el ángulo de fase es el matiz.

La sincronización del color para que los matices sean correctos en la imagen se obtiene por un "burst" (tren o ráfaga) de 8 a 11 ciclos de la señal subportadora de 3,58 MHz en el umbral posterior de cada impulso de borrado horizontal. Este burst de sincronismo de color controla la frecuencia y la fase del oscilador de 3,58 MHz del receptor. El

burst de sincronismo de color es una muestra de la señal subportadora de 3,58 MHz para el receptor.

Señal vídeo total colorplexada. La señal *C* con la información de color y la señal de luminancia *Y* son ambas acopladas a la sección del sumador o colorplexor. Esta etapa combina la señal *Y* con la señal *C* de 3,58 MHz para formar la señal vídeo total colorplexada (fig. 8-8*c*).

Esta señal es transmitida al receptor por modulación de amplitud de la onda portadora de imagen en el canal de 6 MHz asignado a la estación. La modulación es una señal vídeo de color compuesta, incluyendo los impulsos de sincronismo de la deflexión y de borrado.

La forma de onda del osciloscopio, u oscilograma, de la señal vídeo colorplexada está ilustrada en la figura 8-9. Esta forma de onda muestra cómo la señal incluye toda la información necesaria para la imagen. Las áreas sombreadas son la señal *C* de 3,58 MHz, correspondientes a las barras de color. La amplitud pico a pico (p-p) de la señal *C* depende de la saturación, o intensidad de color. Los ángulos de fase de la señal *C* para diferentes matices no se pueden ver a causa de que no están indicados los ciclos individuales.

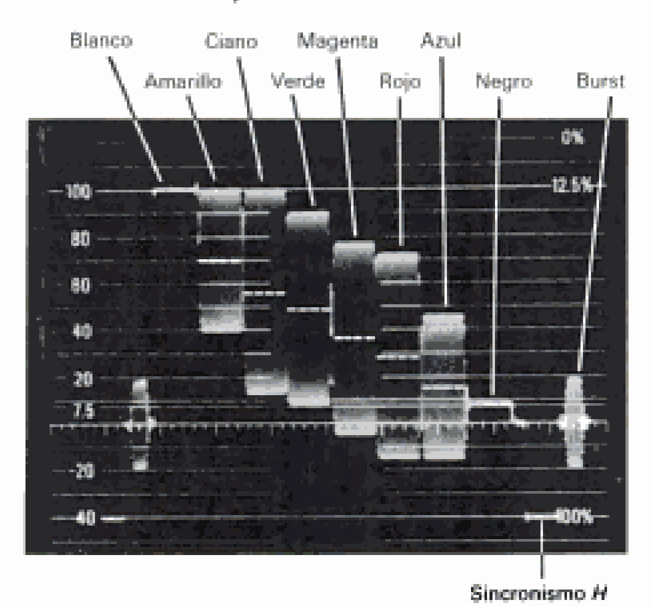


Fig. 8 - 9. Oscilograma de la señal vídeo compuesta colorplexada para la carta de ajuste de barras de color. Están incluidos la señal C, *el burst de sincronismo de color, la señal* Y *y la señal de sincronismo* H. *Las líneas de trazos blancas a través de las barras de la señal de 3,58 MHz indican nivel de luminancia de la señal* Y.

Nivel de luminancia. Además de las amplitudes p-p para las barras de color, se observa que el nivel medio es diferente para cada barra. La distancia desde el nivel de borrado hasta el nivel medio de la señal *C* es una medida de lo oscura o luminosa que es la información. Estos niveles variables de luminancia se traducen en las variaciones de la señal de luminancia *Y*. Si se suprimiese por filtrado la señal *C* de 3,58 MHz, todavía se mantendrían los niveles de luminancia para indicar los valores relativos de brillo. En la figura 8-9, los niveles medios de luminancia forman una de escalera de tensiones, desde el blanco a la izquierda hasta el negro a la derecha.

Matiz y saturación en la señal *C*. La modulación bifásica de la señal subportadora de color de 3,58 MHz tiene el efecto de concentrar toda la información de color en una señal de crominancia. Consideremos el ejemplo de una señal intensa *I*, con una señal *Q* pequeña. La señal resultante *C* tiene un ángulo de fase casi igual al matiz naranja de la señal *I*. En el caso opuesto, con señal *Q* intensa y una pequeña señal *I*, la señal *C* modulada tiene un ángulo de fase casi igual al de matiz de púrpura de la señal *Q*.

Con iguales amplitudes de las tensiones de modulación de *I* y *Q*, la fase de la señal *C* es intermedia entre los ángulos de fase de *I* y *Q*, correspondientes a un matiz también intermedio entre el naranja y el púrpura. Entonces, el resultado es que el ángulo de fase instantáneo de la señal *C*, de 3,58 MHz modulada indica el matiz de la información de color.

Por otra parte, las variaciones de amplitud de la señal modulada *C* indican la fuerza o intensidad de la información de color. Esta variación corresponde a cómo está saturado el color. En consecuencia:

Matiz es el ángulo de fase de la señal C.

Saturación es la amplitud de la señal C.

Preguntas de prueba 8-5
Respuestas al final del capítulo

Referencia a la figura 8-8.

a. Nombrar las tres salidas de la matriz.
b. Enumerar las dos entradas al modulador *I*.

c. ¿Cuál es el ángulo de fase de modulación de *Q*?
d. ¿Qué etapa tiene entradas de señales *Y* + *C*?
e. ¿Qué resistor tiene modulación *I* y *Q*?

8-6 Decodificación de la información de imagen

Partiendo de la antena del receptor, la señal portadora de imagen modulada del canal seleccionado es amplificada en las etapas RF y de frecuencia intermedia (FI). Después es rectificada esta señal de imagen AM en el detector vídeo. La salida del detector vídeo es la señal vídeo colorplexada total, que incluye las componentes *Y* y *C*. Después del detector vídeo, los circuitos vídeo se bifurcan, como muestra la figura 8-10. Uno de los caminos es para la señal de luminancia *Y* y el otro para la señal *C* de 3,58 MHz.

Separación de la señal *C*. La salida del amplificador vídeo *Y* en la figura 8-10 es la señal de luminancia sin la señal de color de 3,58 MHz. La razón es que la respuesta del amplificador está limitada a frecuencias inferiores a 3,2 MHz, aproximadamente. Como la señal *C* es de 3,58 MHz, no es amplificada en el amplificador vídeo *Y*.

Sin embargo, algunos receptores de color tienen *filtros de peine* para mejorar la resolución de la señal *Y*. Este filtro separa la señal de croma, pero deja intactas las componentes *Y* en la banda de 3,58 MHz. En consecuencia, se puede utilizar todo el ancho de banda de 4 MHz de la señal *Y* para la máxima resolución de la luminancia.

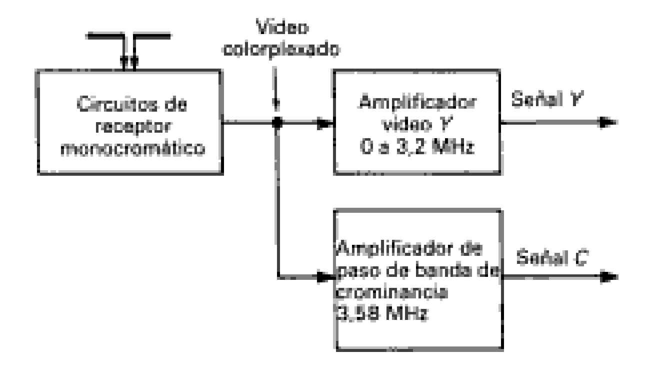


Fig. 8 - 10. Separación de la señal de luminancia Y *y la señal de crominancia de 3,58 MHz en la salida del detector vídeo del receptor.*

La salida del amplificador de paso de banda de crominancia es la señal *C*. La razón es que esta etapa está sintonizada a 3,58 MHz, con un paso de banda de ± 0,5 MHz ordinariamente. Generalmente esta etapa se denomina *amplificador de color*, o *amplificador de croma*, a causa de que suministra la señal *C* de 3,58 MHz amplificada para el color. Se le llama también *amplificador de paso de banda* (BPA).

En todos los receptores de televisión en color, el amplificador de croma está sintonizado a 3,58 MHz para cualquier canal, ya sea de VHF o de UHF. Se considera que 3,58 MHz es la frecuencia intermedia de color, con un valor fijo para la sección vídeo del receptor.

La señal *C* de 3,58 MHz amplificada incluye la modulación de crominancia y el sincronismo de color para la sección de color del receptor. El sincronismo de color controla la fase del oscilador de color de 3,58 MHz para que los matices sean correctos. Esta etapa restablece o vuelve a generar la señal subportadora de color de 3,58 MHz, que es suprimida en la transmisión.

La información de color original está contenida en las variaciones de la señal de croma modulada de 3,58 MHz, pero la señal debe ser demodulada para recuperar las señales vídeo de color.

Demodulación síncrona. Otra denominación de la detección es *demodulación síncrona*. Cuando es transmitida una señal modulada sin su portadora o subportadora, debe ser reinsertada en el receptor la onda portadora original para detectar la modulación. No sólo vuelve a ser generada la portadora, sino que también debe ser sincronizada su fase con la fase de la portadora de la modulación original. Demodulación síncrona significa el proceso de detección de una señal modulada cuando está suprimida la señal portadora.

Tal como muestra la figura 8-11, el oscilador de color de 3,58 MHz suministra la señal subportadora, que es acoplada a los demoduladores para obtener la señal *C*. Cada demodulador tiene entrada de la señal *C* y del oscilador. En la demodulación, la señal *C* bate con la subportadora de 3,58 MHz nuevamente generada para proveer la señal vídeo de color de la salida detectada. Cada demodulador es un detector síncrono.

Este tipo de detector tiene la máxima salida en la fase de la señal modulada, que es igual a la de la entrada del oscilador. El circuito es un demodulador síncrono porque detecta la información de modulación que es síncrona con la portadora reinsertada. Por otra parte, prácticamente no hay

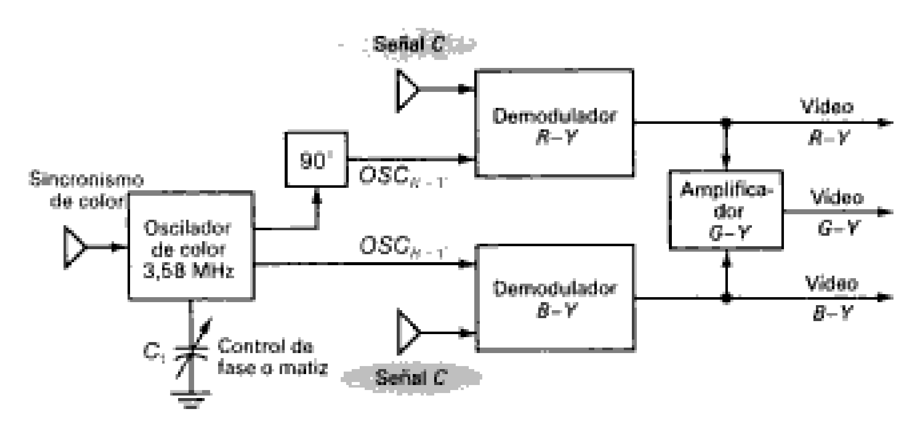


Fig. 8 - 11. Detección de la señal C *de 3,58 MHz modulada con dos demoduladores síncronos desfasados 90° para recuperar las señales vídeo de color en cuadratura* R − Y *y* B − Y. *Estas dos señales son combinadas para obtener la señal* G − Y.

salida de señal en cuadratura con la fase de la tensión reinsertada del oscilador. Por esta razón, son necesarios dos demoduladores síncronos para detectar dos señales vídeo de color diferentes.

Demoduladores *B-Y* y *R-Y*. Muchos receptores decodifican la señal de croma de 3,58 MHz en señales vídeo de $B-Y$ y $R-Y$, en lugar de I y Q. El ancho de banda del amplificador de paso de banda de croma está limitado generalmente a 3,58 ± 0,5 MHz. Entonces no se utiliza en modo alguno el ancho de banda adicional de la señal I.

La vídeo $B-Y$ es una mezcla de color próxima al azul. El ángulo de fase para el matiz de $B-Y$ se diferencia en 180° del ángulo de fase del burst de sincronismo de color. En consecuencia, es relativamente sencillo enganchar el oscilador de color de 3,58 MHz en la fase de $B-Y$.

La señal vídeo $R-Y$ es una mezcla de color próxima al rojo. El ángulo de fase del matiz $R-Y$ está desfasado 90° del de $B-Y$. Estos ángulos de fase de los diferentes matices se explican después con detalle y se ilustran en la figura 8-16.

Por otra parte, la vídeo $B-Y$ y la vídeo $R-Y$ se pueden combinar para obtener la vídeo $G-Y$, ya que la señal Y contiene verde. Las señales vídeo $B-Y$, $R-Y$ y $G-Y$ se denominan *señales diferencia de color*. El ancho de banda de todas estas señales vídeo de color es de 0 a 0,5 MHz.

En la figura 8-11, los demoduladores producen las señales vídeo $B-Y$ y $R-Y$. Obsérvese que el oscilador está desfasado 90° con el demodulador de $R-Y$. Las dos mezclas de color se combinan en el amplificador de $G-Y$. Luego pueden ser acopladas las tres señales vídeo de color $B-Y$, $R-Y$ y $G-Y$, con suficiente amplificación, al tubo de imagen tricolor.

Las designaciones de las diferentes señales de la figura 8-11 se pueden resumir como sigue:

C = señal modulada de croma; frecuencia de 3,58 ± 0,5 MHz
OSC_{B-Y} = salida del oscilador de 3,58 MHz en la fase de $B-Y$
OSC_{R-Y} = salida del oscilador de 3,58 MHz en cuadratura de fase
$B-Y$ = señal vídeo de color; la frecuencia es de 0 a 0,5 MHz
$R-Y$ = señal vídeo de color; la frecuencia es de 0 a 0,5 MHz
$G-Y$ = señal vídeo de color; la frecuencia es de 0 a 0,5 MHz

Obsérvese que los circuitos de oscilador y de croma funcionan en 3,58 MHz, pero las señales vídeo de color detectadas no son de 3,58 MHz.

El tubo de imagen como mezclador. Cuando la decodificación en el receptor provee las señales vídeo $R-Y$, $B-Y$ y $G-Y$, pueden ser convertidas en señales R, G y B añadiendo la vídeo $-Y$. La suma algebraica para rojo, por ejemplo, es

$$(R - Y) + Y = \text{vídeo } R$$

La misma idea se aplica a las señales vídeo B y G.

En los receptores antiguos con amplificadores de tubo de vacío, el método utiliza comúnmente $R-Y$, $B-Y$ y $G-Y$ para las tres rejillas de control y la señal $-Y$ para los tres cátodos. El resultado sigue siendo las señales vídeo R, G y B para el tubo de imagen, a causa de que la componente $-Y$ se cancela. Por ejemplo, para el rojo

$$(R-Y) - (-Y) = R - Y + Y = R$$

La señal $-Y$ es restada a causa de que está en el cátodo.

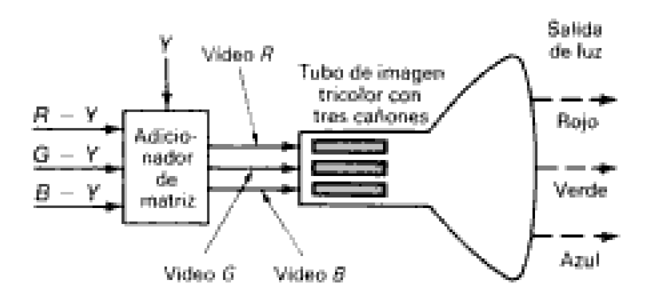


Fig. 8 - 12. Tubo de imagen como mezclador de rojo, verde y azul.

En la figura 8-12, las señales vídeo *R, G* y *B* son aplicadas a los tres cátodos del tubo de imagen tricolor de tres cañones. Se requiere polaridad positiva de sincronismo para que la tensión de borrado pueda ser suprimida en la generación de la corriente del haz. Recuérdese que tensión de cátodo positiva corresponde a tensión negativa en la rejilla de control. En cualquier caso, la diferencia de potencial entre la rejilla y el cátodo se hace más negativa para el negro en la imagen.

Con circuitos vídeo transistorizados, las señales de excitación vídeo se aplican generalmente a los cátodos del tubo de imagen en lugar de a las rejillas de control. La razón es que la rejilla negativa es el electrodo en que más probablemente puede producirse el arco interno debido a la alta tensión que hay dentro del tubo de imagen.

De cualquier modo, el tubo de imagen tiene aplicadas las señales video *R, G* y *B* en los tres cañones. Cada cañón excita sólo su color en la pantalla. Lo que se ve es la información original de los colores rojo, verde y azul con sus mezclas de color en la imagen. La secuencia de las señales de color desde el transmisor hasta el receptor se resume en la tabla 8-1.

Preguntas de prueba 8-6
Respuestas al final del capítulo

a. En la figura 8-10 ¿cuál es la frecuencia central del amplificador de paso banda de croma?
b. En la figura 8-11, nombrar las dos entradas al demodulador $R-Y$.
c. ¿Cuál es el ángulo de fase entre $B-Y$ y $R-Y$?
d. En la figura 8-12, enumerar las tres señales vídeo del tubo de imagen.

TABLA 8-1
SECUENCIA DE LAS SEÑALES DE COLOR

CODIFICACIÓN DEL TRANSMISOR	DECODIFICACIÓN DEL RECEPTOR*
1. Vídeo *R, G* y *B* de la cámara	1. La señal de antena es la portadora RF de imagen modulada por la señal *T* colorplexada
2. Vídeo *Y, I* y *Q* desde la matriz	2. La portadora de imagen modulada es rectificada en el detector vídeo
3. *I* y *Q* modulan la señal de crominancia de 3,58 MHz	3. Demoduladores síncronos de la señal *C* de 3,58 MHz proveen las señales vídeo $B-Y$ y $R-Y$, que son combinadas para $G-Y$
4. Señal *T* colorplexada con las señales *Y* y *C* de 3,58 MHz	4. Señales vídeo $B-Y$, $R-Y$ y $G-Y$ añadidas a la vídeo *Y* producen las vídeo *R, G* y *B*
5. La señal de antena es la portadora RF de imagen modulada por la señal *T* colorplexada.	5. Rojo, verde y azul, con sus mezclas de color, en la pantalla de tubo de imagen

* Para receptores que utilizan demoduladores de $B-Y$ y $R-Y$. *T* es la señal vídeo colorplexada total con *C* e *Y*.

8-7 Señal *Y* para luminancia

Ahora podemos considerar con más detalle la señal de luminancia, que contiene las variaciones de brillo de la información de imagen. La señal Y está formada por la suma del rojo, verde y azul de las señales vídeo primarias en las proporciones:

$$Y = 0{,}30R + 0{,}59G + 0{,}11B \qquad (8\text{-}1)$$

Estos porcentajes corresponden al brillo relativo de los tres colores primarios. Como se muestra en la lámina de color VIII, el ojo humano ve el verde como el color más brillante. Por tanto, una escena reproducida en blanco y negro por la señal Y parece lo mismo que cuando es televisada en monocromía.

Valores de tensión para la señal *Y*. La figura 8-13 ilustra cómo se forma la tensión de señal Y (fig. 8-13 *d*) con las proporciones específicas de las tensiones R, G y B para la carta de ajuste de las barras de color. Estas barras incluyen los colores primarios R, G y B, sus mezclas complementarias de los dos primarios y el blanco para los tres primarios.

La señal Y tiene su máxima amplitud relativa de 1,0 o 100 % para el blanco, a causa de que incluye R, G y B. Este valor para el blanco se calcula por

$$Y = 0{,}30 + 0{,}59 + 0{,}11 = 1{,}00$$

En otro ejemplo, la barra de color ciano incluye G y B pero no R. Así el valor de Y para el ciano se calcula por

$$Y = 0 + 0{,}59 + 0{,}11 = 0{,}70$$

Todos los valores de tensión de la señal Y se pueden calcular de esta manera. Las tensiones resultantes son los valores relativos de luminancia correspondientes a cada una de las barras de color.

Si sólo se utilizase la señal Y para reproducir esta figura, aparecerían las barras monocromáticas como sombreados desde el blanco a la izquierda hasta el gris en el centro y acercándose paulatinamente al negro a la derecha. Estos valores de luz corresponden a las tensiones vídeo Y escalonadas de la figura 8-13*d*, para el brillo relativo decreciente de estas barras de color. Estos colores son los correspondientes a esta secuencia de escalera descendente de valores de luminancia.

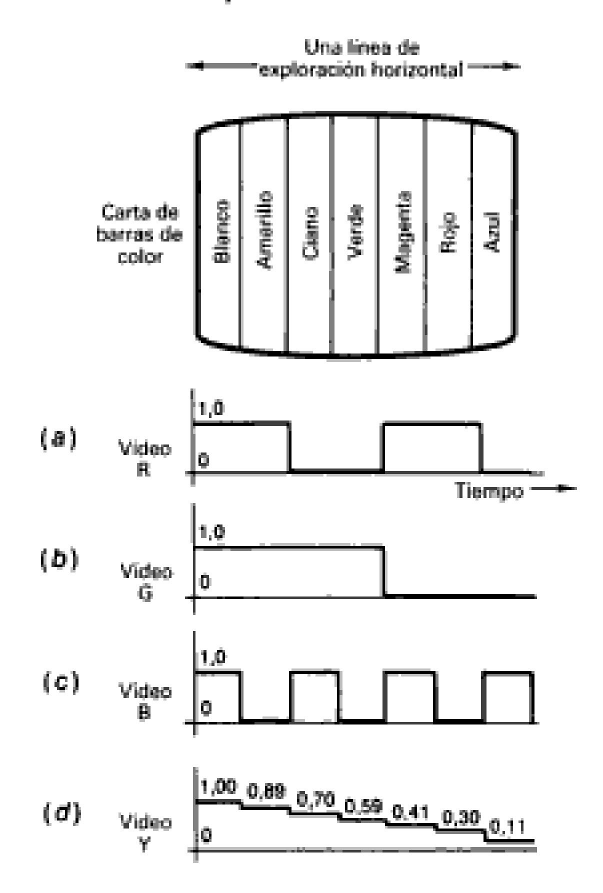


Fig. 8 - 13. Formas de onda de las señales vídeo R, G *y* B *combinadas para formar la señal* Y *en la carta de ajuste de barras de color representada arriba.*

Ancho de banda de la señal *Y*. Esta señal es transmitida con la plena anchura de banda de la frecuencia vídeo de 0 a 4 MHz, lo mismo que en la difusión monocromática. Sin embargo, la mayoría de receptores tienen una limitación de respuesta de las frecuencias vídeo de 3,2 MHz, aproximadamente. La finalidad es minimizar la interferencia con la señal C de 3,58 MHz. En los receptores monocromáticos, el ancho de banda de la FI está limitado generalmente a 3 MHz.

Matriz para la señal *Y*. Una matriz tiene la función de añadir varias tensiones de entrada en las proporciones deseadas para formar nuevas combinaciones de la tensión de salida. Un ejemplo de formación de la señal Y es el representado en la figura 8-14. Este circuito se compone de tres divisores de tensión con un resistor común R_4. Cada divisor establece las proporciones de las señales

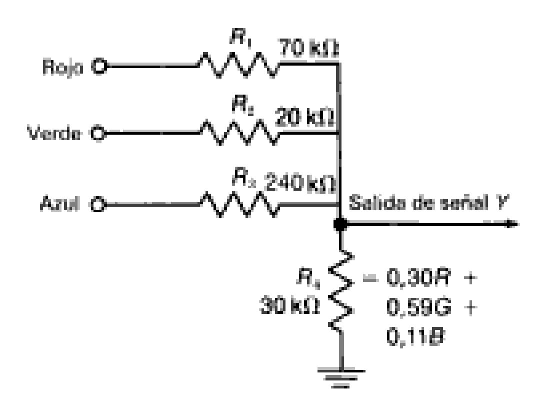


Fig. 8 - 14. Circuito del divisor de tensión resistivo utilizado como matriz para formar la señal Y.

de entrada R, G o B de acuerdo con las resistencias de R_1, R_2 o R_3 en comparación con R_4. El resultado es la señal Y entre los extremos de R_4 como resistor de carga común para las tensiones vídeo R, G y B. Análogamente, se pueden utilizar diferentes valores de resistencia para divisores de tensión separados, con el fin de proporcionar las tensiones R, G o B en los porcentajes necesarios para formar las señales I y Q en el transmisor.

Preguntas de prueba 8-7
Respuestas al final del capítulo

En la figura 8-13, ¿cuál es el valor de la tensión Y para las siguientes barras?

a. Blanca
b. Roja
c. Verde
d. Azul
e. Amarilla

8-8 Tipos de señales vídeo de color

Los principales tipos de señales vídeo de color deben incluir los colores primarios, ya que el sistema comienza con las tensiones R, G y B del tubo de cámara y termina con las R, G y B del tubo de imagen. Sin embargo, se utilizan mezclas de color para la decodificación y la codificación. La razón es que dos señales de mezcla de color pueden contener toda la información de color de los tres colores primarios, lo que permite que la tercera señal sea la señal Y de luminancia.

Señal *I*. Esta tensión vídeo de color se produce en la matriz del transmisor con la siguiente combinación de rojo, verde y azul:

$$I = 0{,}60R - 0{,}28G - 0{,}32B \qquad (8\text{-}2)$$

El signo menos indica la adición de la tensión vídeo de polaridad negativa. Por ejemplo, $-0{,}32B$ significa el 32 % de la señal vídeo total de azul pero con polaridad invertida, que reproduce el azul.

Con polaridad $+I$, la señal incluye rojo y menos azul, o sea, amarillo. Se suman para producir naranja.

Para la señal $-I$, la polaridad está invertida en todas las componentes primarias. Así la combinación incluye verde y azul para ciano, con menos rojo, que da ciano.

En consecuencia, las polaridades opuestas de la señal de vídeo I representan los colores complementarios naranja y ciano, aproximadamente. Estos matices están en la lámina de color IX, que muestra las principales tensiones vídeo para el color.

Obsérvese que las componentes negativas de $-0{,}28G$ y $-0{,}32B$ dan un total de $-0{,}60$, lo cual es igual al valor positivo de $0{,}60R$. Estos valores se eligen para que la amplitud de la señal vídeo I sea cero en el blanco.

Señal *Q*. Las tensiones de los colores primarios se combinan en la matriz del transmisor en las siguientes proporciones para la señal Q:

$$Q = 0{,}21R - 0{,}52G + 0{,}31B \qquad (8\text{-}3)$$

Con la polaridad $+Q$ esta señal incluye menos verde, o magenta, con rojo y azul. Se combinan para formar los matices púrpura.

Para la señal $-Q$, esta polaridad incluye principalmente verde con menos azul, o amarillo. La combinación es verde-amarillento.

En consecuencia, las polaridades opuestas de la señal Q representan los colores complementarios púrpura y verde-amarillo. Véase la lámina de color IX.

Obsérvese que las componentes positivas de $0{,}21R$ y $0{,}31B$ en total 0,52, son iguales a la componente negativa de $-0{,}52G$. Se eligen estos valores para que la amplitud de la señal Q sea cero para el blanco.

Ambas señales Q e I son cero para el blanco, ya que no hay información de crominancia en él. La información de luminancia para las sombras de blanco está contenida en la señal Y.

Señal $B - Y$. El matiz de esta señal es principalmente azul, pero es una mezcla de color a causa de la componente $-Y$. Cuando combinamos el 100 % de azul con las componentes primarias de la señal Y, obtenemos

$$B-Y = 1{,}00B-(0{,}30R + 0{,}59\,B + 0{,}11B)$$
$$= -0{,}30R - 0{,}59\,G + 0{,}89B \qquad (8\text{-}4)$$

Obsérvese que cuando se combinan $-R$ y $-G$, lo que es igual al complemento de amarillo, resulta azul. Sin embargo, un poco más de menos verde hace que varíe el matiz hacia magenta, dando por resultado un azul purpúreo.

Cuando se combina la señal $B-Y$ con la señal Y en el tubo de imagen, se reproduce la información de azul. El efecto es $B - Y + Y = B$.

Señal $R-Y$. El matiz de $R-Y$ es un rojo púrpura. Combinando rojo con las componentes primarias de la señal Y se obtiene

$$R - Y = 1{,}00R - (0{,}30R + 0{,}59G + 0{,}11\,B)$$
$$= 0{,}70R - 0{,}59G - 0{,}11B \qquad (8\text{-}5)$$

El menos verde es magenta, que se combina con rojo para producir un rojo púrpura de polaridad positiva de la señal $R-Y$. La polaridad opuesta de la señal $R-Y$ da el matiz del ciano-azul.

Cuando se combina la señal $R-Y$ con la señal Y en el tubo de imagen, se reproduce la información de rojo. El efecto es $R-Y + Y = R$.

Señal $G-Y$. Combinando la señal $-Y$ y el 100 % de G resulta

$$G - Y = 1{,}00G - (0{,}30R + 0{,}59G + 0{,}11\,B)$$
$$= 0{,}30R + 0{,}41G - 0{,}11B \qquad (8\text{-}6)$$

El matiz de la señal $G-Y$ es un verde azulado. La polaridad opuesta es un rojo púrpura. Cuando se añade la señal $G-Y$ a la señal Y en el tubo de imagen en color, se reproduce la información verde. El efecto es $G - Y + Y = G$.

En el receptor se obtiene la señal vídeo $G-Y$ mediante la combinación de $R-Y$ y $B-Y$ en las siguientes proporciones:

$$G - Y = 0{,}51(R-Y)-0{,}19(B-Y) \qquad (8\text{-}7)$$

Esta combinación se forma en la etapa amplificadora $G-Y$.

Resumen de las señales vídeo de color. Las tensiones de mezcla de color están todas relacionadas entre sí, puesto que cada una es una combinación de R, G y B. También pueden ser especificadas las señales I y Q en términos de señales diferencia de color como sigue:

$$I = -0{,}27(B-Y)+0{,}74(R - Y) \qquad (8\text{-}8)$$
$$Q = 0{,}41(B-Y)+0{,}48(R - Y) \qquad (8\text{-}9)$$

Todas estas señales vídeo son mezclas de color. Combinan R, G y B de modo que dos mezclas puedan contener toda la información de color de los tres primarios.

Obsérvese la diferencia entre estas tensiones vídeo de color, sin modulación, y la señal C de 3,58 MHz modulada. Siempre hay una sola señal C de 3,58 MHz. Esta señal está codificada con la información de crominancia como matiz y saturación, de modo que corresponda a la fase y la amplitud de la modulación en la señal subportadora de color de 3,58 MHz.

Sin embargo, antes de la modulación de la señal subportadora de color de 3,58 MHz en el transmisor y después de la demodulación en el receptor existen las señales vídeo de color diferentes. Las señales vídeo de color y sus principales características están resumidas en la tabla 8-2.

TABLA 8-2
TIPOS DE SEÑALES VÍDEO DE COLOR

NOMBRE	MATIZ	ANCHO DE BANDA, MHz	NOTAS
$B - Y$	Azul	0-0,5	Fase opuesta a la de sincronismo de color
$R - Y$	Rojo	0-0,5	En cuadratura con $B - Y$
$G - Y$	Verde	0-0,5	Combina $B - Y$ y $R - Y$
I	Naranja	0-1,3	Máximo ancho de banda de color
Q	Púrpura	0-0,5	En cuadratura con I

Los colores reseñados son para tensión positiva de señal. La polaridad opuesta para cada señal tiene el matiz opuesto. Se pueden ver estos matices en el diagrama de círculos de color de la lámina de color IX. El ancho de banda es 0,5 MHz para todas las señales excepto para la señal I.

Valores relativos de ganancia. Las amplitudes de la señal vídeo de color son modificadas en la transmisión para evitar su modulación más allá de los niveles máximos de blanco y negro. Por ejemplo, el amarillo con una elevada luminancia puede sobremodular al blanco; el azul con baja luminancia puede sobremodular al negro. En consecuencia, el receptor debe estar compensado con las siguientes proporciones de ganancia:

$$\text{Ganancia de } B-Y = 1/49 = 2{,}04\ \%$$

$$\text{Ganancia de } R-Y = 1/87{,}7 = 1{,}14\ \%$$

$$\text{Ganancia } G-Y = 1/142{,}3 = 0{,}70\ \%$$

Por ejemplo, la ganancia del receptor para la señal $B-Y$ es casi doble que la ganancia para la señal $R-Y$. La razón es que, en la modulación del transmisor, la componente $B-Y$ se reduce al 49 % de su nivel normal.

Preguntas de prueba 8-8
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. El matiz de la señal vídeo $B-Y$ es principalmente azul.
b. La fase de $R-Y$ está en cuadratura con la de $B-Y$.
c. Las señales vídeo $B - Y$ y $R - Y$ se pueden combinar para formar $G - Y$.
d. La fase de $B - Y$ está en cuadratura con el burst de sincronismo de color.

8-9 Burst de sincronismo de color

La figura 8-15*a* muestra los detalles del burst de sincronismo de color de 3,58 MHz transmitido como parte de la señal vídeo compuesta total. El burst de color sincroniza la fase del oscilador de color de 3,58 MHz en el receptor. Luego es reinsertada la señal subportadora de color de 3,58 MHz en los demoduladores síncronos para detectar la señal de crominancia.

La fase de la tensión del oscilador reinsertada determina los matices en la salida del detector. Por tanto, es necesario el sincronismo de color para establecer los matices correctos de los demoduladores. Luego el control automático de frecuencia (CAF) de color puede mantener constantes los valores de matiz. Sin sincronización de color, pueden deslizarse las barras de color. El efecto de ausencia de sincronismo de color está ilustrado en la lámina de color VI.

El burst tiene de 8 a 11 ciclos de la subportadora de 3,58 MHz, transmitidos en el umbral posterior de cada impulso de borrado horizontal. El valor de pico del burst es la mitad de la amplitud del impulso de sincronismo. La amplitud pico a pico del burst es igual a la del sincronismo. Sin embargo, el valor medio del burst coincide con el nivel de borrado. Este valor corresponde a cero para el sincronismo de la deflexión. En consecuencia, el burst de color no interfiere con la sincronización de los osciladores de deflexión.

El burst y la señal C son ambos de 3,58 MHz, pero el burst sólo está presente durante el tiempo de borrado, en el cual no hay información de imagen. La señal C está presente durante el tiempo de traza visible de la información de color en la imagen. Esto está ilustrado en la figura 8-15*b*. El oscilograma de la señal vídeo de la figura 8-9 también muestra el burst de sincronismo de color en el umbral posterior del sincronismo H.

La presencia o ausencia del burst determina de qué manera reconoce el receptor de color si un programa es de color o monocromático.

Preguntas de prueba 8-9
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál es la frecuencia de los ciclos individuales en el burst de sincronismo de color?
b. ¿Cuál es la frecuencia de repetición del grupo completo de burst de sincronismo de color?

8-10 Ángulos de fase del matiz

La figura 8-16 ilustra cómo están determinados los matices de la señal C modulada por la variación de su ángulo de fase con respecto al ángulo

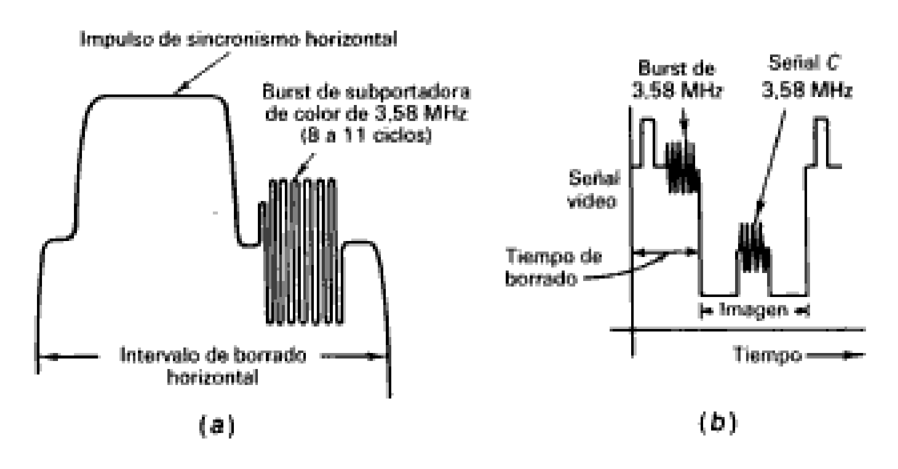


Fig. 8 - 15. (a) Burst de sincronismo de color en el umbral posterior de cada impulso de sincronismo H. (b) Comparación del burst y de la señal C, ambos de 3,58 MHz pero en instantes diferentes.

de fase constante del burst de sincronismo de color. El matiz del burst de sincronismo de color corresponde al verde amarillento. Cuando la información de imagen de este matiz está siendo explorada en el transmisor, el ángulo de fase de la señal de crominancia tiene la misma fase que la del burst. Para otros matices, la señal *C* tiene diferentes ángulos de fase. La diferencia del ángulo de fase con respecto a la fase del burst de sincronismo determina la diferencia de matiz con respecto al verde amarillento. En la figura 8-16*a*, el ángulo de fase de la señal *C* indica el matiz del rojo púrpura entre los ángulos correspondientes al azul y al rojo. En este ejemplo, dicho ángulo de fase es resultado de iguales cantidades de modulación de las señales *I* y *Q*.

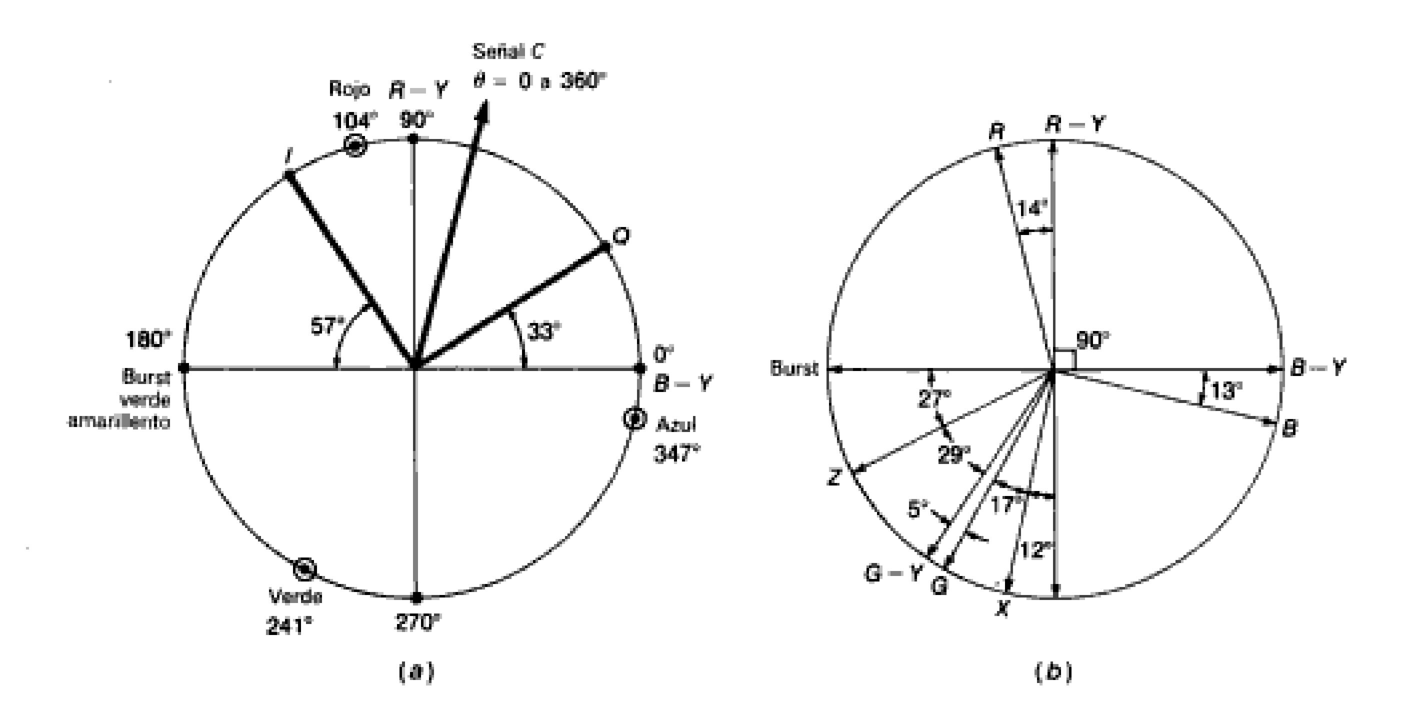


Fig. 8 - 16. Ángulos de fase de diferentes matices. Las amplitudes relativas no están representadas a escala. (a) Ángulos de fase de I y Q comparados con los de otros matices. (b) Los ejes de color se suelen utilizar para demodulación síncrona en el receptor.

En la lámina de color IX se pueden ver todos los matices y sus ángulos de fase. Los matices opuestos 180° están en una línea recta llamada *eje de color*.

Obsérvese que los ángulos de fase de matiz están indicados de maneras diferentes. La medida normalizada para los ángulos se cuenta en sentido sinistrorso como sentido positivo desde cero, tal como en la figura 8-16*a*. Entonces $B-Y$ está en 0°, y el burst de sincronismo de color está en 180°.

Sin embargo, puesto que la fase del burst es la referencia, a menudo se cuentan los ángulos de fase de matiz en sentido dextrorso desde el burst. Entonces los ángulos de fase de $B-Y$ están en 180°.

Para los ejes de demodulación del receptor los ángulos están indicados en la fig. 8-16*b* por su desviación de los ejes horizontal y vertical. Este método muestra la diferencia angular entre los diferentes ejes de color.

Ejes *I* y *Q*. Se utilizan estas señales vídeo de color para modular la subportadora de 3,58 MHz en difusión de televisión. Como muestra la figura 8-16*a*, el eje I está desfasado 57° del burst de sincronismo de color. El eje de Q está en cuadratura. Estos ángulos desfasan 180° exactamente la señal $B-Y$ con respecto al burst.

Ejes *B − Y* y *R − Y*. El receptor puede recuperar estos matices en la demodulación de la señal C mediante la reinserción de la señal subportadora de color de 3,58 MHz en estos ángulos de fase. Como muestra la figura 8-16*b*, la señal $B-Y$ está desfasada 180° exactamente con respecto al burst y la señal $R-Y$ está en cuadratura de fase con ella.

Son necesarios dos demoduladores síncronos para detectar los matices en los ejes $R-Y$ y $B-Y$. Luego son añadidas señales vídeo de color $R-Y$ y $B-Y$ para formar la $G-Y$. También se puede utilizar el demodulador $G-Y$. Contando en el sentido dextrorso, (en el de las agujas del reloj) desde el burst, el ángulo de fase es de 90° para $R-Y$, 180° para $B-Y$ y 304° para $G-Y$.

Ejes *X* y *Z*. Como muestra la figura 8-16*b*, el eje X está cerca de $-(R-Y)$; el eje Z está próximo a $-(B-Y)$, o fase del burst. Contando en sentido sinistroso (contrario al de las agujas del reloj) desde el burst, el eje X está en 282° y el eje Z en 333°. Están separados 51° aproximadamente. Se pueden utilizar los ejes X y Z en los demoduladores del receptor aunque no estén en cuadratura. La ventaja es que se pueden formar $R-Y$, $G-Y$ y $B-Y$ en tres etapas amplificadoras equilibradas para reducir la posibilidad de deslizamiento del color.

Preguntas de prueba 8-10
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál es el matiz del burst de sincronismo de color?
b. ¿Qué diferencia de fase hay entre el burst de sincronismo de color y la señal vídeo $B-Y$?
c. ¿Cuál es el ángulo de fase de la vídeo $R-Y$?

8-11 Señal vídeo compuesta colorplexada

En la figura 8-17 está ilustrada la formación de la señal de vídeo que combina la luminancia y la crominancia en etapas sucesivas. Comenzando con los colores primarios, las tensiones vídeo R, G y B en las figuras 8-17*a*, *b* y *c* están representadas en el tiempo de exploración de una línea horizontal a través de las barras de color. Los colores están completamente saturados, sin blanco. Así el valor relativo de tensión de R, G y B es del 100 %, o 1,0. Además, los colores complementarios saturados amarillo, ciano y magenta tienen sólo dos colores primarios, ya que no hay añadido el tercer primario que produzca el blanco.

Amplitudes de la señal *Y*. La señal de luminancia de la figura 8-17*d* muestra la componente de brillo de cada barra. Los valores relativos de Y están calculados por la ecuación 8-1. Por ejemplo, para el magenta, combinando el rojo y el azul sin verde,

$$Y = 0{,}30R + 0 + 0{,}11B = 0{,}41$$

Amplitudes de las señales *I* y *Q*. Las formas de onda I y Q de las figuras 8-17*e* y *f* tienen las tensiones relativas indicadas de acuerdo con sus proporciones de los colores primarios. Estos valores están calculados por las ecuaciones 8-2, y 8-3. Por ejemplo, para el amarillo con rojo y verde pero sin azul,

$$I = 0{,}60R - 0{,}28G - 0{,}00B = 0{,}32$$
$$Q = 0{,}21R - 0{,}52G + 0{,}00B = 0{,}31$$

Obsérvese que las tensiones de I y Q pueden tener polaridades positiva o negativa a causa de

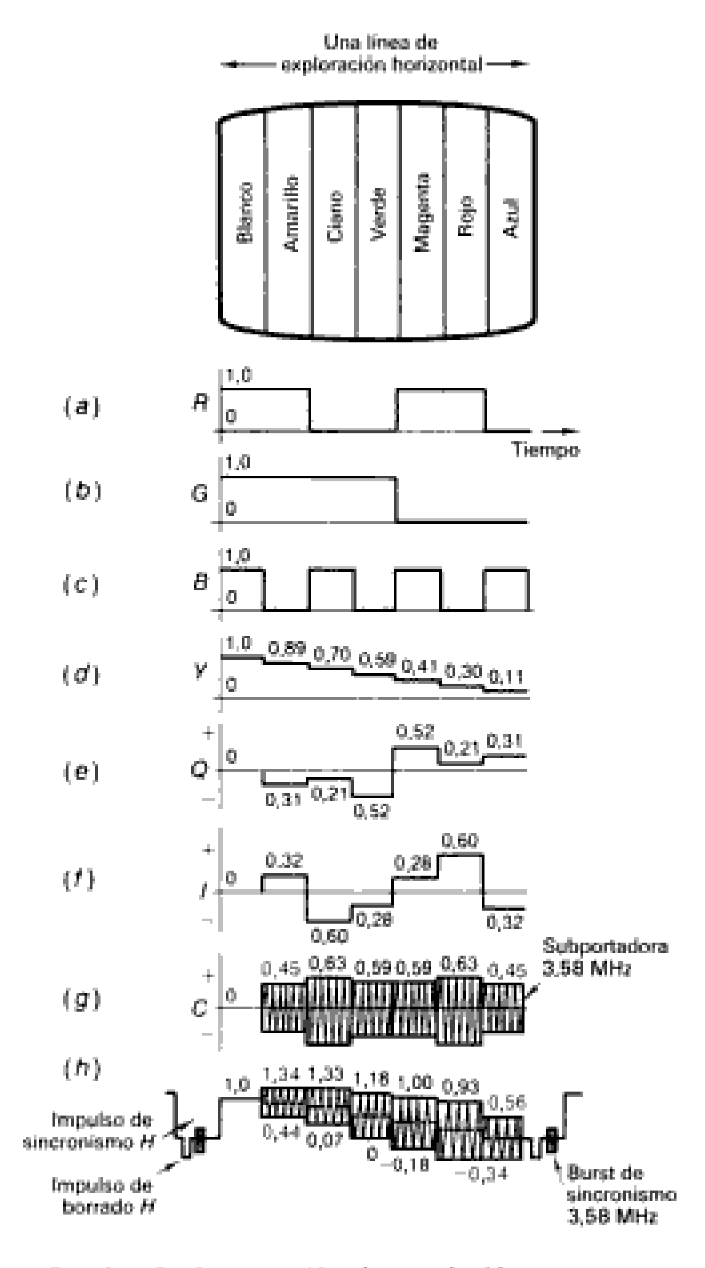


Fig. 8 - 17. Construcción de señal vídeo compuesta colorplexada de tensiones Y, I *y* Q. *La forma de onda en* (h) *abajo muestra la señal* T *total multiplexada combinando las señales* Y *y* C.

que sus componentes incluyen los colores primarios positivos y negativos.

Adición fasorial para la señal *C*. La forma de onda en la figura 8-17*g* muestra la señal subportadora de color de 3,58 MHz modulada por las señales *I* y *Q* en cuadratura. La modulación de amplitud de las dos fases da por resultado las variaciones de las amplitudes y de los ángulos de fase de la señal *C*. No se pueden representar los ángulos de fase, pero se pueden calcular las variaciones de las amplitudes. El método de adición de fasores* para las señales *I* y *Q* en cuadratura es el mismo que el de combinación de dos tensiones desfasadas 90° en los circuitos serie de c.a., que se expresa por

$$C = \sqrt{I^2 + Q^2}$$

Por ejemplo, para el amarillo con valores de 0,32 para *I* y −0,31 para *Q*,

$$C = \sqrt{0{,}32^2 + (-0{,}31)^2}$$
$$= \sqrt{0{,}1024 + 0{,}0961}$$
$$= \sqrt{0{,}1985}$$
$$= 0{,}45$$

Se puede emplear este método para calcular todos los valores de *C* de las barras de color de la figura 8-17, por la adición fasorial de las amplitudes *I* y *Q*.

No hay polaridad de la señal *C* a causa de que es una onda portadora con ambos semiciclos positivo y negativo. Obsérvese que la amplitud de pico de 0,45 de una señal *C* de azul o de amarillo significa que varía 0,45 unidades por encima y por debajo del eje cero de esta forma de onda de c.a. modulada. Las de amarillo y azul tienen la misma amplitud, pero ángulos de fase opuestos a causa de que son colores complementarios.

Ángulo de fase de la señal *C*. Si deseamos conocer el ángulo de fase θ para el matiz, la tangente de este ángulo es igual a *Q/I*. Por ejemplo, para rojo $Q = 0{,}21$ e $I = 0{,}60$, tenemos $\operatorname{tg} \theta = 0{,}21/0{,}60 = 0{,}35$. Así $\theta = 19°$. Este ángulo es de 19° desde *I* hasta *Q*.

Adición de las señales *Y* y *C*. Para la forma de onda de la señal vídeo total en la figura 8-17*h*, las amplitudes de *Y* para la luminancia están combinadas con la señal *C*. El resultado es que las variaciones de la señal *C* están desplazadas hasta el eje del nivel de luminancia *Y*.

* Los fasores son componentes con diferentes ángulos de fase en el tiempo; los vectores tienen diferentes ángulos en el espacio.

Por ejemplo, el azul tiene el nivel de 0,11 en la señal *Y* y la amplitud de pico de 0,45 en la señal *C*. Cuando combinamos estas señales *Y* y *C*, el resultado en la señal vídeo colorplexada para el azul es que el pico positivo sube hasta 0,45 + 0,11 = = 0,56. El pico negativo desciende hasta −0,45 + +0,11 = −0,34. Estos valores máximo y mínimo de *C* son todavía ±0,45, pero con respecto al eje medio de 0,11 para la señal *Y* en lugar del eje cero.

Es aplicable la misma idea a todas las barras de color representadas. En la lámina de color X se puede ver cómo corresponden las señales combinadas a las barras de color.

Es importante tener en cuenta que la señal *Y* para la información de luminancia está insertada como nivel medio de las variaciones de señal *C* en la información de color. Si se suprime la señal *C* en la señal colorplexada en la figura 8-17*h*, el resultado será la misma escalera de las variaciones de la señal *Y* representada en la figura 8-17*d*. Por consiguiente, en los receptores monocromáticos se filtran los 3,58 MHz para suprimir la información de color, pero la señal *Y* se mantiene para proveer las variaciones de luminancia.

Preguntas de prueba 8-11
Respuestas al final del capítulo

En la figura 8-17, calcular los valores de las barras amarillas y azules de la
a. Señal *Y*.
b. Señal *Q*.
c. Señal *C*.

8-12 Colores desaturados con blanco

Los valores relativos de tensión indicados en la figura 8-17 son para colores intensos que están saturados al 100 %. En este caso, no hay vídeo de ningún color primario de los matices no incluidos en el color. Por ejemplo, la *R* saturada tiene tensión vídeo *B* y *G*; el amarillo saturado (verde-rojo) tiene tensión *B* vídeo. Esto es debido a que con entrada nula de luz en una cámara de color dada no hay salida de señal.

Sin embargo, en escenas naturales la mayoría de colores no están saturados al 100 %. Así todo color diluido por luz blanca tiene los tres primarios. El siguiente ejemplo ilustra cómo se debe tener en cuenta la cantidad de desaturación para los colores más débiles. Supongamos un 80 % de saturación para el amarillo. Ahora este color tiene dos componentes: 80 % de amarillo saturado y 20 % de blanco. Los cálculos para las señales vídeo *R*, *G* y *B* son los siguientes:

80 % de amarillo (rojo-verde) produce	0,80 *R*	0,80 *G*	0,00 *B*
20 % de blanco (rojo-verde-azul) produce	0,20 *R*	0,20 *G*	0,20 *B*
Salida total de cámara	1,00 *R*	1,00 *G*	0,20 B

Se pueden utilizar estos porcentajes de las tensiones vídeo de color para calcular las amplitudes relativas de la señal *Y* y de las señales vídeo de color para el 80 % de amarillo saturado. Por ejemplo, este amarillo desaturado tiene el valor *Y* de 0,912. El valor de *Q* es −0,248, e *I* es igual a 0,256. Compárense estos valores con los de 0,89, −0,31 y 0,32 indicados en la figura 8-17 para el amarillo 100 % saturado. Obsérvese que la adición del blanco para desaturar un color aumenta el valor de luminancia y disminuye el valor de crominancia, en comparación con el 100 % de saturación.

Preguntas de prueba 8-12
Respuestas al final del capítulo

Comparado con el 100 % de saturación, un color desaturado tiene
a. ¿Más, o menos, luminancia en la señal *Y*?
b. ¿Más, o menos, crominancia en la señal *C*?

8-13 Resolución y ancho de banda del color

La señal *Y* es transmitida con toda la anchura de banda de la frecuencia vídeo de 4 MHz para el máximo detalle horizontal en monocromía. Sin embargo, este ancho de banda no es necesario en las señales vídeo en color, a causa de que en detalles muy pequeños el ojo sólo puede percibir el brillo, en vez del color. Por consiguiente, la información de color se puede transmitir con un ancho de banda restringido mucho menor que 4 MHz. Esta característica permite multiplexar la señal de crominancia de banda estrecha con la señal de luminancia de banda ancha en el canal estándar de difusión de 6 MHz. Todas las señales vídeo de color tienen un ancho de banda de 0 a 0,5 MHz, excepto la señal *I*, que tiene

un ancho de banda de 0 a 1,3 MHz. Estos valores están indicados en la tercera columna de la tabla 8-2.

La señal *I* para el naranja y el ciano tiene más anchura de banda porque en estos colores pueden ser resueltos detalles más pequeños. Sin embargo, el ancho de banda de la señal *I* de 0 a 1,3 MHz debe ser considerado en dos partes. Las frecuen-

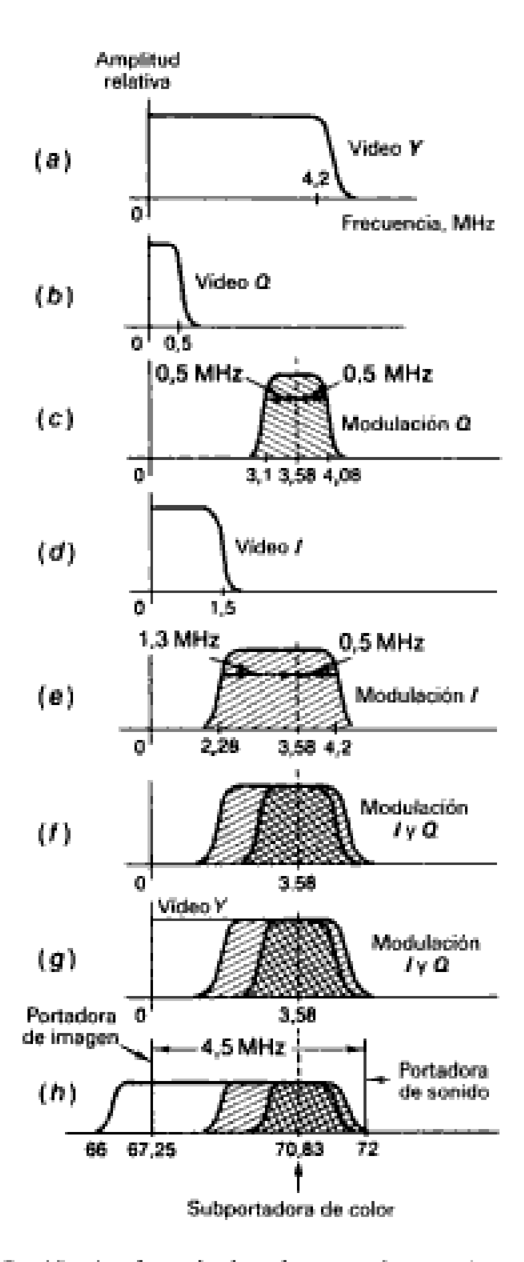


Fig. 8 - 18. Anchos de banda para la señal Y y las señales de color. El gráfico (h) es para señal vídeo compuesta colorplexada modulando la portadora de imagen del canal 4 en 67,25 MHz.

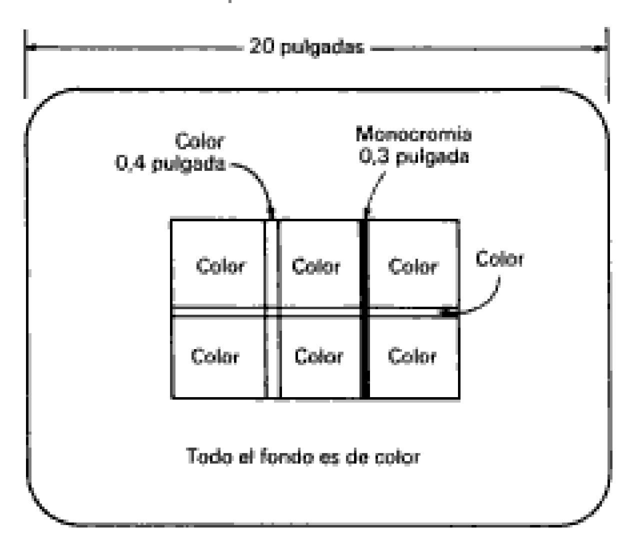


Fig. 8 - 19. Anchura de las áreas de color en la imagen con anchura de banda vídeo de color hasta 0,5 MHz. Las distancias están marcadas para una anchura horizontal de 20 pulgadas (508 mm) en la pantalla del tubo de imagen.

cias de 0 a 0,5 MHz de la señal *I* son transmitidas con bandas laterales dobles, utilizando las frecuencias laterales superiores e inferiores producidas por modulación. Pero para las frecuencias comprendidas entre 0,5 y 1,3 MHz, sólo son transmitidas las bandas laterales inferiores. Este método de transmisión de banda lateral residual en la subportadora de color de 3,58 MHz se utiliza para proveer el máximo ancho de banda para la señal *I* sin invadir las frecuencias de la señal de portadora de sonido de 4,5 MHz desde la señal portadora de imagen. Las anchuras de banda de las señales *Y*, *I* y *Q* están ilustradas en los gráficos de la figura 8-18.

El ancho de banda extra de la señal *I* no se utiliza generalmente en los receptores en color. La razón es que los circuitos de color son mucho más sencillos cuando las señales vídeo de color tienen el mismo ancho de banda de 0,5 MHz, que es prácticamente la banda base para el color.

En consecuencia, podemos considerar en la práctica un ancho de banda de 0 a 0,5 MHz para la señal vídeo de color. La figura 8-19 ilustra cómo es reproducida la información de imagen. Los cuadrados y barras están dibujados a escala para una anchura de pantalla de 20 pulgadas. La finalidad es demostrar que los tamaños de la información de imagen pueden ser reproducidos con frecuencias vídeo de hasta 0,5 MHz.

La frecuencia vídeo de 0,5 MHz es una octava parte de 4 MHz. Este valor de 4 MHz representa 400 detalles horizontales aproximadamente. Por tanto, 0,5 MHz puede representar una octava parte de 400 detalles horizontales. Así

$$\frac{1}{8} \times 400 = 50 \text{ detalles}$$

Cada uno de los 50 detalles corresponde a 1/50 del ancho de la pantalla. Por tanto, en una pantalla de 20 pulgadas la anchura de cada detalle es

$$\frac{1}{50} \times 20 \text{ pulgadas} = \frac{20 \text{ pulgadas}}{50} = 0{,}4 \text{ pulgada}$$

Todos los detalles horizontales cuya anchura sea mayor que 0,4 pulgada corresponden a una frecuencia vídeo menor de 0,5 MHz, y pueden ser reproducidos en color. Todos los detalles cuya anchura sea menor de 0,4 pulgada corresponden a frecuencias vídeo más altas de 0,5 MHz. Esta información no está en la banda base vídeo de color y, por tanto, no aparecerá en color.

Todos los cuadrados de la figura 8-19 son en color porque su anchura es mayor que 0,4 pulgada. La altura de los cuadrados no son un problema porque la exploración vertical produce frecuencias vídeo más bajas.

La barra vertical de la izquierda en la figura 8-19 es en color porque tiene una anchura de 0,4 pulgada. Las barras más anchas también aparecerán en color. Todo el fondo es en color porque estas áreas grandes representan frecuencias vídeo bajas. Además, también son en color todas las barras horizontales.

La barra delgada vertical de la derecha no es en color a causa de que su anchura es menor que 0,4 pulgada. Esta información vídeo es de frecuencia más alta que 0,5 MHz.

Los bordes verticales entre la figura central y el fondo tampoco son en color. Estos estrechos detalles horizontales corresponden a frecuencias vídeo altas.

En resumen, casi toda la imagen es reproducida en color, excepto las delgadas líneas verticales y los detalles del borde cuyas anchuras son menores de 0,4 pulgada. Esta información corresponde a frecuencias vídeo superiores a 0,5 MHz.

Una escena real con información típica de imagen aparece realmente como si toda fuese en color. Los detalles horizontales en monocromía no podrían ser percibidos en color porque son demasiado pequeños. En efecto, las personas y los objetos de la escena aparecen con contornos sin color, pero toda la superficie interior está llena de color.

Algunas veces, cuando se acerca la cámara para hacer un primer plano, se pueden ver pequeños detalles en color a causa de que su anchura relativa llega a ser grande en comparación con el tamaño de la escena. En el caso opuesto, cuando se aleja la cámara para tomar una vista a larga distancia, los detalles en color llegan a ser demasiado pequeños y aparecen en monocromía.

Preguntas de prueba 8-13
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuáles son las frecuencias prácticas de la banda base para la señal vídeo de color?
b. ¿Qué es más fácil mostrar en color, los pequeños detalles, o las superficies grandes de la información de imagen?

8-14 Frecuencia subportadora de color

Ésta debe ser una alta frecuencia de vídeo, comprendida entre 2 y 4 MHz aproximadamente. Si la frecuencia de la señal subportadora de color es demasiado baja, puede producir excesiva interferencia con la señal de luminancia. En el extremo opuesto, la señal de crominancia puede interferir con la señal de sonido. La elección de aproximadamente 3,58 MHz para la señal subportadora de color es una solución de compromiso que permite utilizar para la información de crominancia bandas laterales de 0,5 MHz inferiores y superiores a la frecuencia subportadora de señal. Además, hay espacio para los 0,8 MHz de las frecuencias de banda lateral inferior de la señal *I*. Lo más importante para la compatibilidad es que 3,58 MHz son suficientemente altos para que la frecuencia vídeo dé muy poca respuesta en los receptores monocromáticos. Estos receptores utilizan sólo la señal de luminancia, y la señal de crominancia de 3,58 MHz no tiene prácticamente efecto alguno.

La frecuencia exacta de la señal subportadora de color se basa en las siguientes consideraciones adicionales:

1. Las frecuencias portadora de imagen y portadora de sonido transmitidas no se deben cambiar, con el fin de preservar el batido de 4,5 MHz para los receptores de sonido de interportadora.
2. Habrá una frecuencia de batido interferente de

aproximadamente 0,92 MHz, o 920 kHz, entre las frecuencias subportadoras de color próximas a 3,58 MHz y la señal de sonido de interportadora de 4,5 MHz.

3. Habrá frecuencias de batido interferentes entre la señal de crominancia y las frecuencias vídeo más altas de la señal de luminancia.

Para minimizar estos efectos interferentes, se toma la frecuencia subportadora de color en exactamente 3,579545 MHz. Esta frecuencia está determinada por las relaciones armónicas para la señal subportadora de color, la frecuencia de exploración de línea horizontal y el batido de interportadora de 4,5 MHz.

Frecuencia de exploración horizontal. Específicamente, la frecuencia portadora de sonido de 4,5 MHz es el 286.° armónico de la frecuencia de línea horizontal. Por tanto

$$f_H = \frac{4,5\ \text{MHz}}{286} = 15.734,27\ \text{Hz}$$

donde f_H es la frecuencia de exploración de línea horizontal para la difusión de televisión en color. Obsérvese que 286 es el número par con el cual f_H más se aproxima al de 15.750 Hz utilizado para la exploración horizontal en la televisión monocromática. La pequeña diferencia no tiene efecto prácticamente sobre la exploración horizontal y sobre el sincronismo en el receptor a causa del circuito CAF horizontal.

Frecuencia de exploración vertical. La frecuencia de exploración vertical también está cambiada ligeramente ya que habrá 262,5 líneas por campo. Entonces la frecuencia de exploración vertical de campo es

$$f_V = \frac{15.734,27\ \text{Hz}}{262,5} = 59,94\ \text{Hz}$$

La ligera diferencia de 0,06 Hz por debajo de 60 Hz no tiene efecto prácticamente sobre la exploración vertical ni sobre el sincronismo en el receptor. Un oscilador que puede ser disparado por impulsos de 60 Hz también puede ser sincronizado por impulsos de 59,94 Hz. Cuando las frecuencias de exploración se varían ligeramente para la televisión en color, también se cambia el sincronismo transmitido de las nuevas frecuencias para f_V y f_H. De todos modos, en la práctica todos los programas son difundidos con el sistema de TV en color, incluyendo las películas en blanco y negro.

Frecuencia de color. Con la frecuencia de exploración de línea horizontal elegida se puede determinar ahora la subportadora de color. Este valor es igual al del 455.° armónico de $f_H/2$:

$$C = 455 \times \frac{15.734,27\ \text{Hz}}{2} = 3,579545\ \text{MHz}$$

Para obtener esta frecuencia exacta, el oscilador de color está controlado por cristal. En la figura 8-20 está ilustrada una unidad típica de cristal de cuarzo. Se elige el múltiplo 455 como número impar con el cual C se aproxima a 3,58 MHz.

Entrelazado de frecuencia. A causa de la exploración entrelazada de líneas, la información de imagen para las frecuencias vídeo que son múltiplos impares de $f_H/2$ tiende a cancelar su efecto en la pantalla del tubo de imagen. La cancelación es resultado de que estas frecuencias tienen polaridades opuestas de tensión de la información de imagen en las líneas pares e impares de exploración. Se puede ver el efecto de la cancelación acoplando la tensión de la salida de un generador de señal de 2 a 4 MHz al amplificador vídeo para producir una figura de interferencia de barras diagonales en la imagen de la pantalla del tubo. Ajustando cuidadosamente la frecuencia del generador y contemplando la figura de la pantalla detenidamente, desaparecerá la figura de interferencia en ciertas frecuencias. Estas fre-



Fig. 8 - 20. Cristal para el oscilador de color. La frecuencia es exactamente 3579,545 kHz = 3,579545 MHz.

cuencias son múltiplos impares de la mitad de la frecuencia de exploración de línea horizontal.

Esta técnica de entrelazado entre las componentes armónicas pares e impares de dos señales diferentes para minimizar la interferencia entre ellas es lo que se llama *entrelazado de frecuencia*. En consecuencia, se puede transmitir la señal de crominancia en el mismo canal de 6 MHz que las señales de luminancia y de sonido sin que prácticamente haya interferencia.

En la figura 8-21 está ilustrada la razón por la cual pueden ser entrelazadas las componentes de frecuencia de las señales vídeo Y y C. Obsérvense las agrupaciones de las frecuencias alrededor de f_H, que es la frecuencia repetida para cada línea de exploración horizontal. Cada grupo tiene pares de frecuencias, con una superior y otra inferior a f_H para la frecuencia de exploración vertical de aproximadamente 60 Hz. Para una escena con poco movimiento hay aproximadamente 20 pares. El ancho de banda utilizado alrededor de f_H es $\pm$ 20 × 60 Hz = $\pm$ 1200 Hz. Estos grupos de frecuencias de señal son para la señal Y.

Obsérvense los espacios abiertos entre los grupos de frecuencias de señal Y. Estos espacios son mútiplos impares de la mitad de la frecuencia de exploración horizontal, tales como 3/2 H o 5/2 H representados en la figura. Recuérdese que la frecuencia subportadora de color de 3,579545 MHz es un múltiplo impar de $H/2$. Por tanto, las frecuencias de la señal de croma de 3,58 MHz modulada cae en los espacios comprendidos entre los grupos de las frecuencias de señal vídeo Y. En consecuencia, las frecuencias de las señales Y y C están intercaladas, o entrelazadas, para conseguir la mínima interferencia entre ellas.

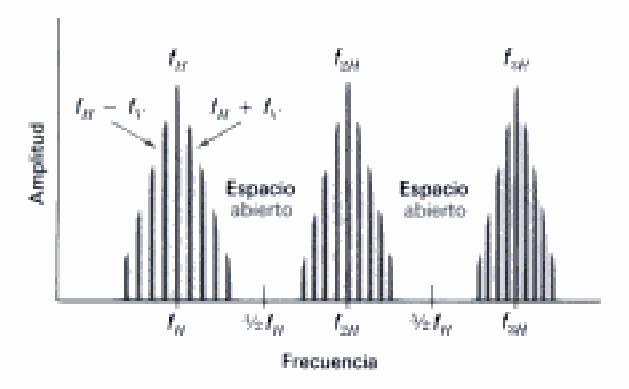


Fig. 8 - 21. Grupos de frecuencias en la señal vídeo correspondientes a una escena estática, sin movimiento. f_H es la frecuencia de exploración de línea horizontal; f_V es la frecuencia de exploración vertical. Los espacios abiertos en el espectro se pueden utilizar para el entrelazado de las frecuencias vídeo, o entrelazado de frecuencia.

Preguntas de prueba 8-14
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál es la frecuencia exacta de exploración de línea horizontal para la televisión en color?
b. ¿Cuál es la frecuencia exacta de exploración vertical de campo para la televisión en color?
c. ¿Cuál es la frecuencia exacta subportadora de color?
d. ¿Cuál de las señales (Y, C o de sonido) es de una frecuencia que es un múltiplo impar exacto de $H/2$.

8-15 Sistemas de televisión en color

Las normas aquí descritas son las del National Television System Committee (NTSC). Este grupo, formado por la Electronic Industries Association, también preparó las normas para la televisión monocromática en Estados Unidos. La FCC aprobó las normas monocromáticas en 1941. El sistema de televisión en color NTSC fue adoptado en 1954.

Históricamente, la difusión de televisión en color comenzó experimentalmente en 1949 aproximadamente con dos sistemas competitivos de RCA y CBS. El sistema CBS utilizó una rueda mecánica de color de filtros de rojo, verde y azul en campos sucesivos o secuenciales. Este método utilizó frecuencias de exploración que no eran compatibles con la difusión monocromática.El sistema RCA utilizó normas de exploración compatibles. El sistema CBS fue adoptado durante corto tiempo en 1951 pero se usó muy poco. Luego NTSC preparó nuevas normas basadas en el sistema RCA. Después de algunos ensayos fue adoptado por la FCC el sistema NTSC de televisión en color. Este sistema es el normalizado en Estados Unidos, Canadá y Japón y muchos países del hemisferio oeste.

En Europa los principales sistemas de televisión en color son el PAL y el SECAM. El sistema PAL es similar al sistema NTSC, pero en cada línea sucesiva es invertida la polaridad de una componente de la señal de crominancia. La finalidad es promediar los errores de la fase de matiz. Este sistema se utiliza en España y muchos países europeos. SECAM es un sistema francés de técnica secuencial y almacenamiento en memo-

ria. En este método, se transmiten dos señales de crominancia, una cada vez, en líneas sucesivas.

Otros países pueden tener normas de exploración y anchuras de canal diferentes de las normalizadas en Estados Unidos. Además, la frecuencia subportadora de color de 3,58 MHz en el sistema NTSC es esencialmente para un canal de 6 MHz de anchura. Las normas para los principales sistemas de televisión de todo el mundo están reseñados en el apéndice D.

Preguntas de prueba 8-15
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Los sistemas de televisión en color NTSC y SECAM son los mismos.
b. El sistema PAL alterna la fase de la señal de color en líneas sucesivas.

RESUMEN

Las siguientes definiciones resumen las principales características de la televisión en color.

Burst. Sincronismo de color. Es de 8 a 11 ciclos de la subportadora de color de 3,58 MHz transmitida en el umbral posterior de cada impulso horizontal. Para que los matices sean correctos en la señal *C* es necesario sincronizar la fase del oscilador de 3,58 MHz en el receptor. El matiz correspondiente a la fase de sincronismo de color es verde-amarillento.

Codificación. Conversión de las señales vídeo de los colores primarios *R*, *G* y *B* a matiz y saturación en la señal *C*.

Colorplexor. También llamado *multiplexor*. Combina la señal *C* y la señal de luminancia *Y*. El resultado es la señal vídeo compuesta total colorplexada transmitida al receptor como modulación de amplitud de la portadora de imagen.

Color complementario. Matiz y ángulo de fase opuestos a los de su color primario. Los colores ciano, magenta y amarillo son los complementos de rojo, verde y azul, respectivamente.

Colores primarios. Rojo, verde y azul. Los de polaridades opuestas de tensión son los colores complementarios ciano, magenta y amarillo.

Compatibilidad. Aptitud del receptor monocromático para utilizar la señal *Y* para la imagen en blanco y negro. También permite que el receptor en color reproduzca la imagen monocromática. La compatibilidad es resultado de la transmisión de la señal *Y* para la luminancia y usa prácticamente las mismas normas de exploración para color y monocromía.

Decodificación. Conversión del matiz y la saturación en la señal *C* a las señales vídeo de los colores primarios *R*, *G* y *B* para el tubo de imagen tricolor.

Demodulador síncrono. Circuito detector para una fase determinada de la señal modulada. Es necesario con señal de portadora suprimida.

Entrelazado de frecuencia. Colocación de las frecuencias armónicas de la señal *C* en

posición intermedia entre los armónicos de la frecuencia de exploración horizontal f_H. Se efectúa haciendo que la frecuencia subportadora de color sea exactamente 3,579545 MHz. Esta frecuencia es un múltiplo impar de $H/2$.

Luminancia. Llamada también brillo, en cualquier información de color o de monocromía. La información de luminancia está en la señal *Y*.

Matiz. Llamado también *tinte*. Longitud de onda de la luz para el color. Los ángulos de fase variables en la señal *C* de 3,58 MHz indican los diferentes matices en la información de imagen.

Matriz. Combina las señales en proporciones específicas. La matriz del transmisor forma las señales vídeo *Y, I* y *Q* en la salida para las entradas de *R, G* y *B.* En el receptor, el tubo de imagen de tres cañones suele ser la matriz para la entrada de las señales $R-Y$, $B-Y$, $G-Y$ e *Y* que producen luz roja, verde y azul en la pantalla.

Monocromía. En blanco y negro. Luminancia o brillo sin color. La señal *Y* es una señal monocromática.

Multiplexado. Combinación de dos señales en una portadora.

NTSC. National Television System Committee. El nombre del sistema estándar de televisión en color adoptado por la FCC en Estados Unidos.

Saturación. Intensidad del color. Saturación plena significa ausencia de dilución por el blanco. Los diferentes valores de saturación son amplitudes pico a pico variables en la señal *C* de 3,58 MHz modulada.

Señal $B-Y$. Mezcla de color próxima al azul. La fase se opone 180° a la del burst de sincronismo de color. El ancho de banda es de 0 a 0,5 MHz.

Señal de crominancia. Llamada también señal de *croma* o *señal C*. Es la subportadora de color de 3,58 MHz con modulación en cuadratura por las señales vídeo de color *I* y *Q*. La amplitud de la señal *C* es la saturación; el ángulo de fase es el matiz.

Señal $G-Y$. Mezcla de color próxima al verde. La anchura de banda es 0 a 0,5 MHz. Está formada usualmente por la combinación de las señales vídeo $B-Y$ y $R-Y$.

Señal *I*. La señal vídeo de color transmitida como modulación de amplitud de la señal *C* de 3,58 MHz. El eje de matiz está entre naranja y ciano. Esta es la única señal vídeo de color cuya anchura de banda es 0 a 1,3 MHz.

Señal $R-Y$. Mezcla de color próxima al rojo. La fase está en cuadratura con la de $B-Y$. El ancho de banda es 0 a 0,5 MHz.

Señal *Q*. Señal vídeo de color que modula a la señal *C* de 3,58 MHz en cuadratura con la señal *I*. Los matices son verde y magenta. El ancho de banda es de 0 a 0,5 MHz.

Subportadora. Una portadora que modula a otra onda portadora de una frecuencia más alta. En televisión en color la subportadora de color de 3,58 MHz modula a la portadora RF de imagen en el canal estándar de difusión.

Subportadora suprimida. Transmisión de las bandas laterales de modulación sin la propia subportadora. Requiere reinserción de la subportadora en el receptor para detectar la modulación.

AUTOEXAMEN

Respuestas al final del libro

Elegir (*a*), (*b*), (*c*) o (*d*).

1. ¿En qué señal están las variaciones de brillo de la información de imagen?: (*a*) *I*, (*b*) *Q*, (*c*) *Y*, (*d*) *R* − *Y*.
2. El matiz desfasado 180° con rojo es (*a*) ciano, (*b*) amarillo, (*c*) verde, (*d*) azul.
3. Mayor amplitud p-p de la señal de crominancia de 3,58 MHz indica más (*a*) blanco, (*b*) amarillo, (*c*) matiz, (*d*) saturación.
4. La frecuencia interferente de batido de 920 kHz está entre la subportadora de color de 3,58 MHz y (*a*) la interportadora de sonido de 4,5 MHz, (*b*) la portadora de imagen, (*c*) la adyacente inferior de sonido, (*d*) la adyacente superior de imagen.
5. El matiz de la fase de sincronismo de color es (*a*) rojo, (*b*) ciano, (*c*) azul, (*d*) verde-amarillento.
6. ¿Qué señal tiene la información de color en la anchura de banda de 1,3 MHz? (*a*) *I*, (*b*) *Y*, (*c*) *R* − *Y*, (*d*) *B* − *Y*.
7. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es falsa? (*a*) Los matices de la señal vídeo *I* son naranja o ciano. (*b*) La salida de la matriz del transmisor incluye las señales vídeo *Y*, *I* y *Q*. (*c*) Un tubo de imagen de tres cañones puede servir como matriz. (*d*) Un color plenamente saturado es casi blanco.
8. El color con la mayor luminancia es (*a*) rojo, (*b*) amarillo, (*c*) verde, (*d*) azul.
9. ¿Cuál es el matiz de un color cuya fase adelanta 90° la del burst de sincronismo? (*a*) Amarillo, (*b*) ciano, (*c*) azul, (*d*) naranja.
10. El valor medio de la tensión de la señal de crominancia modulada de 3,58 MHz es (*a*) cero para la mayoría de los colores, (*b*) próximo a la del negro para el amarillo, (*c*) el del brillo del color, (*d*) el de la saturación del color.
11. El valor de la segunda FI para el color en los receptores, para cualquier estación emisora, es (*a*) 0,5 MHz, (*b*) 1,3 MHz, (*c*) 3,58 MHz, (*d*) 4,5 MHz.
12. Si el amplificador *C* de 3,58 MHz del receptor no funciona, el resultado será (*a*) ausencia de color, (*b*) ningún rojo, (*c*) demasiado azul, (*d*) demasiado amarillo.

PREGUNTAS DE ENSAYO

1. ¿Qué significa adición de color? Enumerar los tres colores primarios aditivos.
2. ¿Qué color corresponde a luz blanca menos rojo? ¿Y a la blanca menos azul? ¿Y a la blanca menos verde?
3. ¿Por qué se convierten las tensiones vídeo de colores primarios en señales *Y* y *C* para la difusión de televisión?
4. Definir matiz, saturación, luminancia y crominancia.
5. ¿Cuál es el ancho de banda de las frecuencias vídeo de la señal *Y*?

6. ¿Qué partes de la imagen son reproducidas en blanco y negro por la señal Y? ¿Qué partes son reproducidas a todo color como mezclas de rojo, verde y azul?
7. ¿Qué matices corresponden a lo siguiente? $+I$, $-I$, $+Q$, $-Q$, $R-Y$, $-(R-Y)$, $B-Y$ y burst de sincronismo de color.
8. ¿Cómo es transmitida al receptor la señal de crominancia de 3,58 MHz modulada? ¿Por qué se llama subportadora a la señal de 3,58 MHz?
9. Describir la señal de burst de sincronismo de color y su finalidad.
10. ¿Cómo indica matiz, saturación y luminancia de la información de imagen la señal vídeo colorplexada?
11. ¿Por qué es transmitida la señal de crominancia con la subportadora suprimida?
12. ¿Qué hace que la frecuencia subportadora de color sea exactamente de 3,579545 MHz?
13. (*a*) Explicar cómo difieren en amplitud y frecuencia el burst de sincronismo de color y la señal de sincronismo de deflexión H. (*b*) Explicar la diferencia de temporización entre el burst de sincronismo de color de 3,58 MHz y la señal de crominancia de 3,58 MHz.
14. Una escena presenta una barra vertical amarilla ancha contra un fondo negro. ¿Cómo aparecerá esta imagen en una reproducción monocromática?
15. ¿Cuál es el efecto de la señal de crominancia es un receptor monocromático con respuesta de videofrecuencia hasta 3,2 MHz?

PROBLEMAS

Soluciones de los problemas de número impar al final del libro

1. Presentar los cálculos de los valores de luminancia Y de azul, rojo, verde, amarillo y blanco.
2. Demostrar que si $G-Y$ es $-0{,}51(R-Y) - 0{,}19(B-Y)$, entonces es igual a $-0{,}30R + 0{,}41G - 0{,}11B$ sustituyendo Y por los valores de R, G y B.
3. (*a*) Calcular el valor de la tensión C cuando $I = 0{,}4$ y $Q = 0{,}3$. (*b*) ¿Cuál es el matiz aproximado de este color?
4. Una tensión simétrica varía entre el pico de 0,79 V y el mínimo 0,11 V. Calcular (*a*) el valor pico a pico y (*b*) el nivel medio.

PREGUNTAS ESPECIALES

1. Nombrar dos aplicaciones de las señales vídeo de color que no sean la de difusión de televisión.
2. En una comparación de los receptores de televisión monocromática con los de color, ¿qué secciones son esencialmente las mismas y cuáles son diferentes?

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE PRUEBA

8-1 **a.** Rojo, verde y azul
b. Cero
c. Rojo
d. Frecuencias

8-2 **a.** Azul
b. Amarillo
c. Ciano

8-3 **a.** Matiz
b. Saturación
c. Baja

8-4 **a.** V (verdadero)
b. V
c. F (falso)

8-5 **a.** Y, I y Q
b. I y OSC_I
c. 90°
d. Multiplexor
e. R_C

8-6 **a.** 3,58 MHz
b. C y OSC_{R-Y}
c. 90°
d. R, G y B

8-7 **a.** 100
b. 0,30
c. 0,59
d. 0,11
e. 0,89

8-8 **a.** V
b. V
c. V
d. F

8-9 **a.** 3,58 MHz
b. 15.750 Hz (aprox.)

8-10 **a.** Verde-amarillo
b. 180°
c. 90°

8-11 **a.** 0,89 y 0,11
b. −0,31 y +0,31
c. 0,45 y 0,45

8-12 **a.** Más
b. Menos

8-13 **a.** 0 a 0,5 MHz
b. Áreas grandes

8-14 **a.** 15.734,27 Hz
b. 59,94 Hz
c. 3,579545 MHz
d. Señal C

8-15 **a.** F
b. V

9

Señales vídeo de prueba

Desde que comenzó el servicio público de difusión de televisión se han creado cartas de ajuste y señales de prueba especializadas con el fin de normalizar las operaciones de TV y obtener el mejor funcionamiento. Un ejemplo importante es la carta de ajuste EIA representada en la figura 9-1. Esta carta normalizada proporciona una referencia para verificar la resolución, la linealidad de la exploración, el entrelazado y las características adicionales de la imagen reproducida.

Se realizan algunas pruebas para verificar el funcionamiento de la cámara y el monitor durante la puesta a punto. Un requisito importante consiste en adaptar las diferentes cámaras utilizadas para el mismo programa. Son de uso constante otras pruebas para verificar el funcionamiento de los enlaces a larga distancia y las estaciones emisoras en una red de TV. La prueba se hace para monocromía y color, especialmente la verificación de la amplitud y la fase de la señal de croma de 3,58 MHz. Finalmente, son radiadas o difundidas algunas señales de prueba durante el intervalo de borrado vertical. En este caso, están disponibles en el receptor. Los métodos principales de prueba se discuten en las secciones siguientes:

Fig. 9 - 1. Carta de ajuste EIA. (Electronic Industries Association.)

9-1 Carta de ajuste EIA

La carta de ajuste estándar de la figura 9-1 fue creada por la Electronic Industries Association (EIA). La carta aparece muy recargada a causa de que hay muchas partes distintas en la figura, cada una de las cuales tiene su propia función.

Encuadre. La cámara debe ser orientada o apuntada hacia la carta y ajustada de modo que ésta llene por completo el área activa de la pantalla. Las flechas blancas en los bordes de la carta ayudan a encuadrar perfectamente. Hay dos de estas flechas en cada uno de los bordes superior e inferior y en cada lado. Los ajustes de encuadre requieren un monitor para ver los bordes de la trama.

Centrado. Las cruces blancas en los bordes superior e inferior indican un eje vertical en el centro para el centrado horizontal. Los trazos negros en los lados indican un eje horizontal a través del centro. A no ser que la carta esté encuadrada y centrada con precisión, los números que indican la resolución no tienen significado.

Linealidad de la deflexión. El área grande circular blanca provee un indicador aproximado pero obvio, para la cámara y el monitor. Los errores de linealidad son fácilmente visibles, el círculo aparece elíptico o de forma ovoide. En televisión, la

forma de un círculo es difícil de reproducir a causa de que requiere exploración lineal. La forma básica de un cuadrado es también una prueba de linealidad de la exploración.

Para una prueba más precisa, se verifican por separado la linealidad horizontal y la vertical. Consideremos primero la exploración horizontal. Obsérvense los tres cuadrados en el centro de la figura: uno en el centro, otro a la izquierda y otro a la derecha. Cada uno de estos cuadrados contiene un número igual de líneas verticales para la misma anchura. Cuando la linealidad horizontal es perfecta, los tres cuadrados tienen igual anchura. De otra manera, un cuadrado puede estar comprimido o expandido formando un rectángulo.

Para verificar la linealidad vertical, la carta tiene seis rectángulos estrechos de arriba abajo. Los dos rectángulos intermedios están en el centro vertical exacto de la imagen. El tamaño de los rectángulos sirve de prueba de la linealidad vertical. Deben tener todos la misma altura.

La marca 200 indicada en estos rectángulos es para la resolución, no para la linealidad. Las cuatro pequeñas figuras de las esquinas se utilizan para verificar la resolución y la distorsión geométrica y también para verificar la calidad funcional de la cámara.

Relación de aspecto. Obsérvese el cuadrado que forman las cuatro barras con la escala de grises colocadas dentro del círculo blanco central. Cada barra tiene 10 pasos de escala de grises, o escalones, numerados. Cuando la relación de aspecto es correcta, de 4:3, las cuatro barras de escala de grises forman un cuadrado perfecto.

Margen de contraste. Las 10 gradaciones numeradas de la escala de grises tienen reflectancias que abarcan desde el blanco máximo hasta aproximadamente una trigésima parte de este valor. Cuando el procesado de la señal vídeo es lineal, será posible distinguir 10 sombreados diferentes desde el blanco hasta el negro a través del gris.

Entrelazado. Las barras diagonales inclinadas 45° en el disco blanco se utilizan para verificar el entrelazado de las líneas de exploración en la trama. Cuando las líneas pares e impares de la trama están uniformemente espaciadas, las líneas diagonales aparecen uniformes y no interrumpidas. Sin embargo, con mal entrelazado, las líneas de exploración resultan deterioradas. Cuando hay dos líneas demasiado próximas entre sí, el espacio hasta el par siguiente es demasiado grande. En consecuencia, las líneas diagonales aparecen quebradas y tienen un aspecto de escalera.

Resolución. Las líneas de diferente grueso y espaciado se utilizan para verificar la resolución, que es la calidad de detalle de la imagen. Las líneas verticales se utilizan para verificar la resolución horizontal, mientras las líneas horizontales se emplean para la resolución vertical.

Obsérvese que el detalle horizontal se mide por el número de líneas de resolución que ocupan las tres cuartas partes del ancho de la imagen. Esta distancia es igual a la altura de la imagen. La finalidad es que iguales números correspondan a la misma resolución horizontal o vertical.

Consideremos los tres cuadrados de las líneas verticales, designados 200, a través del centro de la carta. Un cuadrado está a la izquierda, uno a la derecha y el tercero en el centro. La designación 200 indica estas muchas líneas de resolución. Con este espaciado y espesor, 200 líneas ocuparán tres cuartas partes del ancho de la imagen. Cuando se pueden ver en la pantalla las líneas individuales, la resolución horizontal es igual a 200 líneas.

Obsérvense los seis rectángulos de cortas marcas horizontales, también rotulados 200, en dos columnas verticales. Las marcas individuales en cada rectángulo están espaciadas para que haya 200 líneas iguales en toda la altura de la imagen. Por tanto, representan una resolución de 200 líneas verticales.

El espaciado de los círculos concéntricos en el centro de la imagen representa una resolución de 300 líneas, horizontal y vertical. En las cuatro esquinas de la carta, los círculos concéntricos están espaciados para una resolución de 150 líneas.

La carta de ajuste tiene también cuñas para verificar la resolución de hasta 800 líneas, como se describe en la sección 9-2. Además, en las secciones 9-3 y 9-4 se explica cómo se puede utilizar la carta de ajuste para verificar la existencia de estrías y oscilación transitoria.

Preguntas de prueba 9-1
Respuestas al final del capítulo

a. En la carta de ajuste, ¿se mide la resolución *H* por líneas horizontales, o por líneas verticales?
b. ¿Cuántos detalles horizontales se pueden distinguir con una resolución de 300 líneas?
c. ¿Cuántas gradaciones en la escala de grises hay en la carta de ajuste EIA?

d. ¿Las líneas diagonales uniformes y continuas indican que hay un buen entrelazado, o bien que la relación de aspecto es correcta?

9-2 Cuñas de resolución en la carta de ajuste

En la figura 9-1 hay cuatro pares de cuñas con líneas convergentes para aumentar los números de resolución. Un uso obvio es la verificación de linealidad. Las cuñas superiores e inferiores deben tener la misma longitud para que la linealidad vertical sea buena. Además, las cuñas laterales deben ser iguales para que la linealidad horizontal sea buena. Sin embargo, el uso principal de las cuñas es verificar la resolución.

Resolución horizontal. Este valor está marcado en las cuñas superiores e inferiores. Desde la parte más ancha de la cuña marcada 200, las líneas convergen hasta la resolución de 400 líneas en que la cuña llega al cuadrado del centro. La separación para la cuña adyacente continúa la resolución desde 400 hasta 800. La resolución se puede verificar visualmente observando el punto de la cuña en que las líneas individuales ya no se pueden ver, sino que aparecen confundidas. Esto ocurrirá en aproximadamente la resolución de 250 líneas para un receptor en color típico.

Se puede hacer una conversión aproximada de las líneas de resolución horizontal a megahercios del ancho de banda de la señal vídeo, dividiendo el número de líneas por 80. El resultado serán los megahercios de la frecuencia vídeo. Por ejemplo, 250 líneas se convierten a

$$\frac{250 \text{ líneas}}{80} = 3{,}125 \text{ MHz}$$

Este valor para la frecuencia vídeo más alta corresponde normalmente a la mayoría de receptores de color, debido a la existencia de una trampa incorporada en el amplificador vídeo de luminancia que filtra 3,58 MHz para minimizar la interferencia de la señal de color.

El factor de conversión de 80 se deduce como sigue. Con N líneas de resolución, el número de ciclos completos es $N/2$ para variaciones de señal a través del negro en cada línea de la cuña y el espacio blanco entre líneas. La traza visible dura 53,3 µs en la exploración horizontal, pero sólo se aprovechan las tres cuartas partes del tiempo a causa de que los valores de resolución se dan en términos de altura de la imagen, que es las tres cuartas partes de la anchura. Este tiempo es 53,3 µs × 0,75 = 40 µs aproximadamente. Así en 40 µs se producen $N/2$ ciclos de señal vídeo. En un ciclo, $T = 40\ \mu s/(N/2)$. Tomando la inversa para la frecuencia se tiene

$$f = \frac{1}{40 \times 10^{-6}\text{s}} \left(\frac{N}{2}\right)$$

$$= \frac{N}{80} \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$= \frac{N}{80} \times \text{MHz}$$

Resolución vertical. La resolución vertical está marcada en las cuñas laterales. Un valor normal para los receptores es la resolución de 330 líneas. La obtención de una buena resolución depende principalmente del tamaño del punto de incidencia o mancha del haz, de su enfoque y del entrelazado de las líneas de exploración.

Resolución en las esquinas. Se utilizan cuñas similares en las cuatro esquinas de la carta de ajuste para medir la resolución en ellas. Ordinariamente aquí la resolución es menor que en el centro, especialmente con tubos de imagen de gran ángulo. Los valores de resolución especificados para los tubos de cámara se dan ordinariamente para el centro y las esquinas.

Preguntas de prueba 9-2
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Es indicada la resolución horizontal por las líneas de cuñas verticales u horizontales?
b. ¿Cuántos detalles horizontales corresponden realmente a la resolución de 210 líneas?
c. ¿Qué frecuencia vídeo corresponde a 240 líneas de resolución horizontal?

9-3 Pruebas para verificar falsas imágenes o borrosidad

Las falsas imágenes son principalmente un problema de distorsión de fase en las frecuencias vídeo medias y bajas, desde aproximadamente

100 kHz hasta abajo. Las falsas imágenes, o borrosidad, aparecen como una continuación de las líneas o barras anchas en la información de imagen después de un cambio brusco hasta el color opuesto. Por ejemplo, puede aparecer una barra negra ancha a la derecha de un área blanca, o puede haber borrosidad blanca difundida en áreas negras. La figura 9-2 es un ejemplo de borrosidad en la imagen.

La causa de la producción de falsas imágenes es distorsión de fase en frecuencias de señal vídeo de 10 a 100 kHz. En la señal vídeo, la distorsión de fase puede aparecer como una inclinación en la onda cuadrada de la información de imagen. La distorsión de fase en un amplificador significa que la variación del ángulo de fase no es proporcional a la frecuencia.

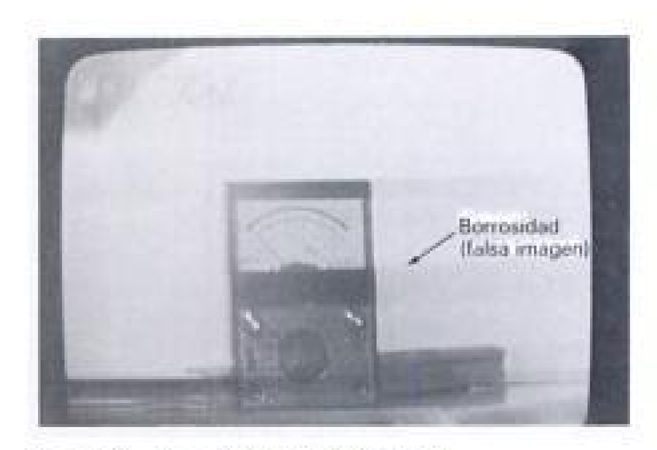


Fig. 9 - 2. Borrosidad en la imagen.

Barras en la carta de ajuste para verificar falsas imágenes. En la carta de ajuste EIA de la figura 9-1 se observan dos barras negras anchas en la parte superior del círculo o disco blanco grande y dos barras en la parte inferior. La frecuencia en que la distorsión de fase y la borrosidad se pueden observar está relacionada con la anchura de estas barras. Por ejemplo, la distorsión de fase en 100 kHz se muestra como falsa imagen de la barra más corta, en la parte inferior del disco blanco. La barra más larga, que es la segunda desde la parte superior, puede indicar falsa imagen en 30 kHz. Esta barra es aproximadamente 3 1/3 veces más ancha que la barra más corta para una frecuencia 0,3 veces más baja, comparada con la barra más corta. Los valores intermedios son 50 kHz para la barra superior y 60 kHz para la segunda barra desde abajo.

Preguntas de prueba 9-3
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. La distorsión de fase en la señal vídeo es causa de nieve excesiva.
b. La figura 9-2 muestra borrosidad en la imagen.

9-4 Pruebas para denotar oscilaciones transitorias en la imagen

La distorsión de frecuencia en la forma de ganancia relativa excesiva de algunas frecuencias vídeo altas da lugar a oscilaciones transitorias o sobreimpulso. Normalmente, la ganancia excesiva ocurre en el margen de frecuencia de 2 a 4 MHz. El amplificador no es un circuito oscilador, pero puede ser excitado por choque durante varios ciclos de oscilaciones por una abrupta variación transitoria de la señal vídeo. La oscilación se puede ver en la carta de ajuste como un aumento de contraste en algún punto de las cuñas verticales. Para saber la frecuencia en que ocurre la oscilación se puede dividir el número de líneas de resolución por 80. La figura 9-3 muestra un ejemplo de oscilación transitoria en la imagen.

Además, los trazos negros verticales incluidos en el disco blanco de la carta EIA provee un cierto número de abruptas transiciones de exploración

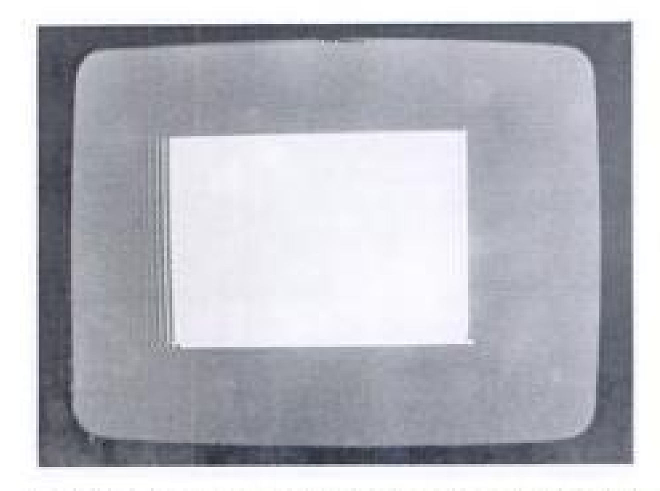


Fig. 9 - 3. Oscilaciones transitorias en la señal de ventana. Obsérvense los contornos múltiples.

horizontal. En la figura 9-1 hay dos grupos de estos trazos, uno en el cuadrante superior derecho y el otro en el inferior izquierdo. El espesor de cada trazo vertical representa una sola línea de la resolución horizontal en el margen de 100 a 300 y de 350 a 550. Una línea más delgada corresponde a mayor resolución. En el cuadrante inferior izquierdo, el número 300 en la parte inferior del grupo de cinco trazos corresponde al trazo inferior. Luego los trazos se hacen más delgados, progresando hasta la resolución de 100 líneas para el trazo más ancho de la parte superior del grupo.

En el cuadrante superior de la derecha, el número 350 en la parte superior del grupo de cinco trazos corresponde al trazo superior. Luego los trazos se hacen más delgados, progresando hasta la resolución de 550 líneas para el trazo más fino en la parte inferior del grupo.

La oscilación transitoria en la imagen se muestra como mayor contraste, con líneas múltiples hacia la derecha en cada uno de los ciclos de oscilación. Como cada trazo individual representa una frecuencia particular, la condición de oscilación parece peor allí donde la avalancha o burst de energía corresponde a la frecuencia en que ocurre la oscilación en el circuito amplificador vídeo. Nuevamente, para convertir el número de resolución de líneas en la carta de ajuste a su frecuencia vídeo se divide por 80.

Por ejemplo, supongamos que la oscilación ocurre en la marca de resolución de 300 líneas. La frecuencia vídeo correspondiente es 300/80 = 3,75 MHz. Este valor es el de la frecuencia en que está oscilando el circuito amplificador de vídeo.

Realmente, puede ser admisible una pequeña cantidad de oscilación transitoria, porque mejora el contraste en los detalles de alta frecuencia que aparecen en los bordes verticales de los objetos en la escena. Cuando se producen prolongaciones de las líneas, sin embargo, es recusable la oscilación excesiva. Generalmente ésta está producida por efectos de resonancia parásita en el circuito amplificador vídeo.

Preguntas de prueba 9-4
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Es excesiva la oscilación transitoria en la imagen de las figuras 9-2 o 9-3?
b. ¿Puede causar borrosidad, o bien oscilación transitoria una ganancia excesiva en 3,75 MHz?

9-5 Señales de monoscopio

Un monoscopio es un tubo de cámara especial con una imagen fija de una carta de ajuste impresa en una placa de imagen. Las cartas de ajuste que fueron difundidas en los primeros tiempos de la televisión fueron producidas por monoscopios.

La carta de monoscopio es análoga en muchos aspectos a la carta de ajuste EIA. Están incluidos círculos para la verificación de linealidad, cuñas de resolución marcadas en líneas o frecuencias (o ambas) y sombras de gris en círculos concéntricos situados en el centro. Ordinariamente en la carta constaba el indicativo o letras de identificación de la emisora de televisión. Hoy día todavía se puede ver en algunos canales una carta de ajuste de monoscopio durante un corto tiempo en las primeras horas de la mañana. Una carta de monoscopio puede proveer un buen medio de prueba del funcionamiento del receptor.

Las señales de monoscopio no son producidas por una cámara orientada o apuntada hacia la carta de ajuste. En vez de esto se utiliza un tubo de cámara especial análogo a un vidicón. La placa de imagen o de blanco está grabada fotográficamente con los caminos de conducción y de aislamiento en forma de áreas blancas y negras de la carta. El monoscopio requiere sincronismo de deflexión y linealidad de precisión para que se pueda emplear la carta en el ajuste de los monitores y receptores.

Preguntas de prueba 9-5
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.
a. El monoscopio es un tipo de tubo de imagen.
b. En la placa de imagen del monoscopio hay grabada una imagen fija.

9-6 Carta de "bolas" para la verificación de linealidad de la cámara

Para verificar la linealidad de deflexión es necesaria una referencia independiente. Por ejemplo, supongamos que el monitor muestra una carta de prueba en forma de óvalo. La mala linealidad puede estar en la cámara o en el monitor. Si se ajusta la deflexión del monitor para que aparezca un círculo, pero la falta de linealidad reside en la cámara, el problema de linealidad aparecerá tan pronto como se utilice otra fuente de señal.

Sin embargo, el monitor se puede probar independientemente utilizando señales electrónicas de prueba para la linealidad. Específicamente se utiliza un generador de señal de barras cruzadas. Esta figura consiste en líneas blancas verticales y horizontales igualmente espaciadas sobre un fondo negro. También se utiliza esta figura para comprobar la convergencia de los tubos de imagen de color, como se explica en el capítulo 5.

La figura o carta de ajuste de barras cruzadas es una referencia independiente para la linealidad debido a que el espaciado uniforme de las líneas es producido por señales cuyas frecuencias son múltiplos precisos de las frecuencias de exploración *H* y *V*. Un ejemplo es el generador de barras de color del estudio que también produce una figura de barras cruzadas. Hay 17 barras verticales y 14 barras horizontales producidas por osciladores que trabajan en 315 kHz y 900 Hz respectivamente.

El oscilador de 315 kHz produce realmente 20 barras verticales, porque 315 kHz es 20 veces mayor que la velocidad de exploración *H* de 15.750 kHz. Sin embargo, ocurren tres barras durante el tiempo de borrado *H*, lo cual deja visibles $20-3 = 17$ barras verticales.

Además, el oscilador de 900 Hz produce realmente 15 barras horizontales, ya que $900/60 = 15$. Sin embargo, durante el tiempo de borrado *V* ocurre una barra, lo que permite que sean visibles 14 barras horizontales. Las figuras 9-4 y 9-5 son ejemplos de alinealidades horizontal y vertical en una carta de ajuste de barras cruzadas.

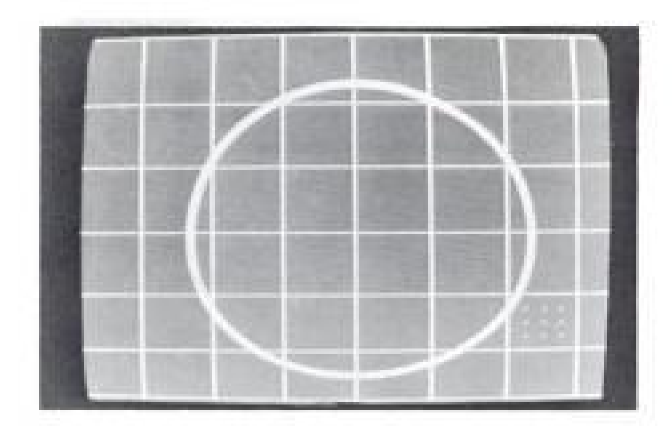


Fig. 9 - 5. Alinealidad horizontal en la figura de barras cruzadas. El círculo aparece ovalado.

Para hacer uso de este espaciado preciso de barras en la verificación independiente de la linealidad de deflexión, se utiliza la carta de bolas (circulitos) de la figura 9-6 con la carta de barras cruzadas. Se enfoca la cámara a la carta y las flechas situadas en los bordes encuadran la carta precisamente en el área activa de imagen. Luego se utiliza un generador de efectos especiales (SEG) para superponer la figura de barras cruzadas del generador de barras de color del estudio sobre la imagen de la cámara de la carta de bolas. Los ajustes de centrado del generador permiten desplazar las figuras de barras cruzadas hacia arri-

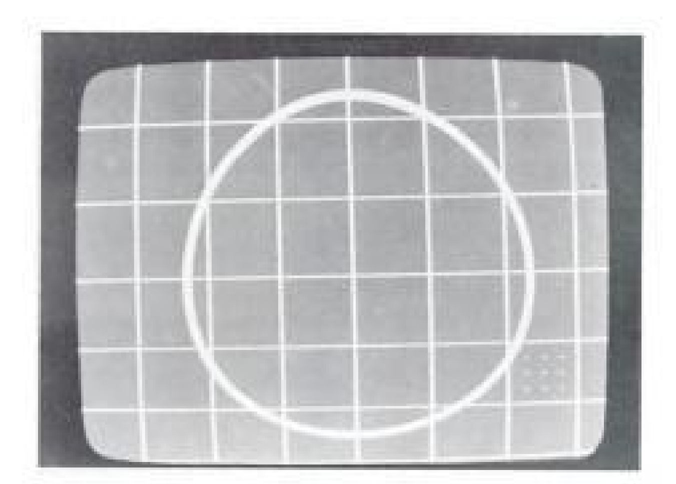


Fig. 9 - 4. Alinealidad vertical en la figura de prueba de barras cruzadas. La imagen está alargada en la parte superior y comprimida en la inferior. Los puntos identifican la esquina inferior derecha.

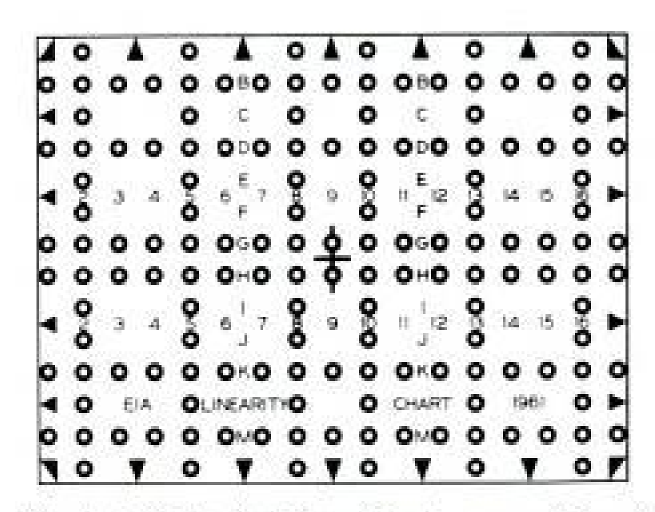


Fig. 9 - 6. Carta de bolas utilizada para verificar la linealidad de deflexión en las cámaras. (EIA.)

ba, hacia abajo o lateralmente para situar las intersecciones de las barras cruzadas sobre los centros blancos de las bolas o circulitos en el centro de la carta de bolas.

En el monitor se observa la imagen superpuesta. Si la linealidad de la cámara es perfecta, las intersecciones de las barras cruzadas coinciden con el centro de las bolas blancas en cada punto de la pantalla, con porcentaje nulo de error. La mala linealidad o tamaño incorrecto de la exploración hace que las intersecciones no coincidan con los centros de los círculos. Cuando estas intersecciones caen dentro de los círculos en el espacio interior blanco, el error de linealidad de la deflexión es menor que el 1 % de la altura de la imagen. Si caen en la corona o borde negro de los círculos, el error de linealidad es menor que el 2 %. Estos valores indican la precisión lineal de exploración necesaria para las cámaras de TV, ya que errores mayores del 2 % no pueden ser tolerados. Obsérvese que este método en que se usa la carta de bolas o circulitos con una señal de barras cruzadas hace que la prueba de linealidad de deflexión en la cámara sea totalmente independiente del monitor utilizado para la observación.

Preguntas de prueba 9-6
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Se utiliza la carta de bolas con la figura de barras cruzadas, o con la de barras de color?
b. ¿La carta de prueba de bolas es para la cámara o para el monitor?
c. ¿La máxima alinealidad permisible para las cámaras de TV es del 0,1, del 2, o del 20 %?

9-7 Señal EIA estándar de barras de color

En general, un generador de barras de color produce señales precisas repetibles de barras verticales de color que se pueden utilizar para procesos de verificación y ajuste. Las señales están codificadas en la frecuencia subportadora de color de 3,58 MHz. Especialmente, la EIA ha desarrollado una señal de barras de color que corresponde al formato de la figura 9-7. Constituye la norma EIA RS-189A. Hay muchas características que facilitan las pruebas de luminancia y color correctas.

Las tres cuartas partes superiores de la figura 9-7 incluyen siete barras verticales de igual anchura. La primera de la izquierda es blanca, luego le siguen las barras de amarillo, ciano, verde, magenta, rojo y azul a través del ancho de la imagen. Esta secuencia fue elegida porque los valores de luminancia constituyen una gradación descendente de la señal Y. De los colores, el amarillo tiene el valor más alto de luminancia del 89 %, que es igual a $0{,}59\ G + 0{,}30\ R$. En el extremo opuesto, el azul tiene la luminancia más baja, del 11 %.

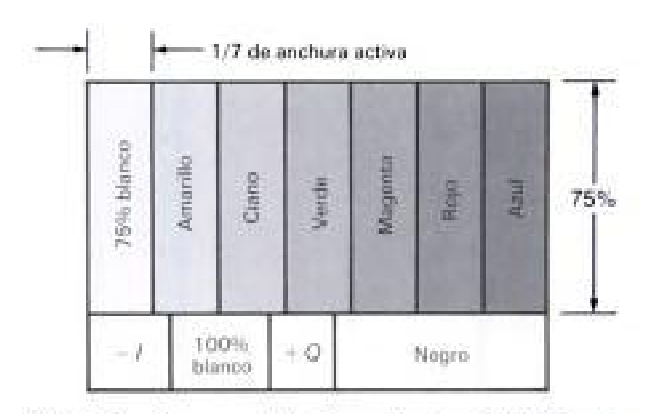


Fig. 9 - 7. Formato de la figura de la señal EIA estándar de barras de color. Las áreas sombreadas indican color. (Leader Instrument Corp.)

La cuarta parte inferior de la altura de la imagen contiene una barra blanca corta con luminancia del 100 %, debajo de las barras de amarillo y ciano. De esta manera, se pueden comparar estos valores de luminancia con respecto al blanco. Además, hay colocadas señales de color de $-I$ y $+Q$ a la izquierda y a la derecha de la barra blanca.

Barras de color del 100 y del 75 %. Los primeros generadores producían barras de color que estaban plenamente saturadas al 100 %. Este valor significa que las señales R, G y B están en el codificador al nivel del 100 % para el blanco de pico, o de 100 unidades IRE. Sin embargo, este método coloca una carga innecesaria en el equipo de transmisión a causa de las excursiones máximas en la señal de croma modulada de 3,58 MHz. Por ejemplo, para la barra amarilla el máximo nivel es del 33 % por encima del blanco de pico, debido a la alta luminancia. Además, la baja luminancia de la barra de azul da lugar a amplitudes de señal del 33 % por debajo del valor de ajuste de negro. Estos valores extremos hacen que en los casos prácticos no sean necesarias demandas de linealidad en el procesado de la

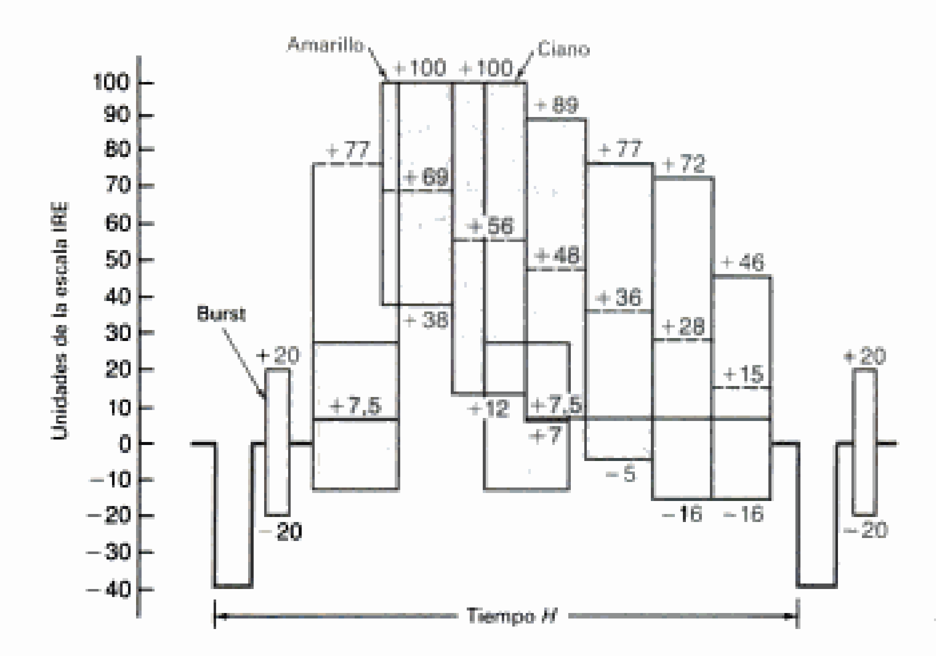


Fig. 9 - 8. Forma de onda de las barras de color estándar del 75 %. (EIA.)

señal, ya que nunca ocurren en las señales reales de cámara colores saturados al 100 %.

Por tanto, la señal estándar de barra de color ha sido ahora reducida a lo que se llama *barras de color del 75 %*. Este porcentaje *no* significa saturación del 75 %, sino simplemente que las amplitudes de las señales *R*, *G* y *B* tienen en el codificador 75 unidades IRE, en lugar de 100. Las barras de color resultantes están todavía plenamente saturadas. Para una barra roja del 75 %, por ejemplo, no hay todavía verde ni azul que existan con algún blanco.

Valores de *Y* para las barras de color estándar. La figura 9-8 muestra el oscilograma de la señal de vídeo de las barras de color estándar EIA en la frecuencia de línea *H*. La escala de amplitudes de la izquierda está en unidades IRE. Las áreas sombreadas en la forma de onda indican color. Obsérvese que el burst de sincronismo de color tiene una amplitud de ± 20 unidades IRE.

Los valores marcados en los escalones, tales como +77 para el blanco y +28 para el rojo, son los niveles de luminancia *Y* en cada una de las barras. Para la barra blanca de la izquierda, el valor *Y* de 0,77 está calculado como sigue. Primero, restando de 100 las 7,5 unidades IRE de ajuste se tienen 92,5 unidades de variación de señal. Luego tomando el 75 % de 92,5 unidades resultan 0,75 × 92,5 = 69,375 unidades. Finalmente, volviendo a sumar las 7,5 unidades de ajuste se tienen 69,375 + 7,5 = = 76,875, que redondeadas son 77 unidades.

En otro ejemplo podemos calcular el valor de *Y* de la barra roja. Tomamos el 30 % de 69,375 unidades para la barra blanca, que es igual a 20,813 unidades. Luego sumamos las 7,5 unidades para el ajuste. La suma es 20,813 + 7,5 = = 28,313. Este valor se redondea en 28 unidades IRE para el nivel de *Y* del 75 % de la barra del rojo. Se puede seguir el mismo procedimiento para calcular los valores de *Y* de todas las barras de color. Los valores de *Y* difieren aquí algo de los calculados en el capítulo 8 porque las barras EIA son del 75 % y se utiliza el valor de ajuste de negro.

Valores de *C* para las barras de color estándar. Los valores de pico de croma de la señal subportadora modulada de 3,58 MHz son los indicados en la figura 9-8, si se tienen en cuenta las 7,5 unidades IRE del ajuste. Así los valores de la señal *C* para el amarillo tienen ± 31 unidades alrededor del eje *Y* de 69. El pico está en 69 + 31 = 100 unidades. El pico de 100 unidades IRE lo alcanza también la barra de ciano.

El hecho de que el pico sea de 100 unidades IRE para las barras de amarillo y ciano proporciona una verificación útil de las amplitudes relativas. Obsérvese que la barra del 100 % de blanco solapa una parte de cada una de las barras de amarillo y ciano (fig. 9-7). Ahora veamos la forma de



Fig. 9 - 9. El nivel correcto de croma ocurre cuando los picos positivos de la subportadora de las barras de amarillo y ciano alcanzan el nivel del 100 % del blanco.

onda del oscilograma en la figura 9-9. Se ve que los picos de croma de amarillo y ciano, a la izquierda, llegan justamente al nivel del 100 % de la barra de blanco. Esta observación significa que la saturación de croma es correcta. Factores tales como la pérdida en el cable no han reducido la amplitud relativa de la señal de croma de 3,58 MHz.

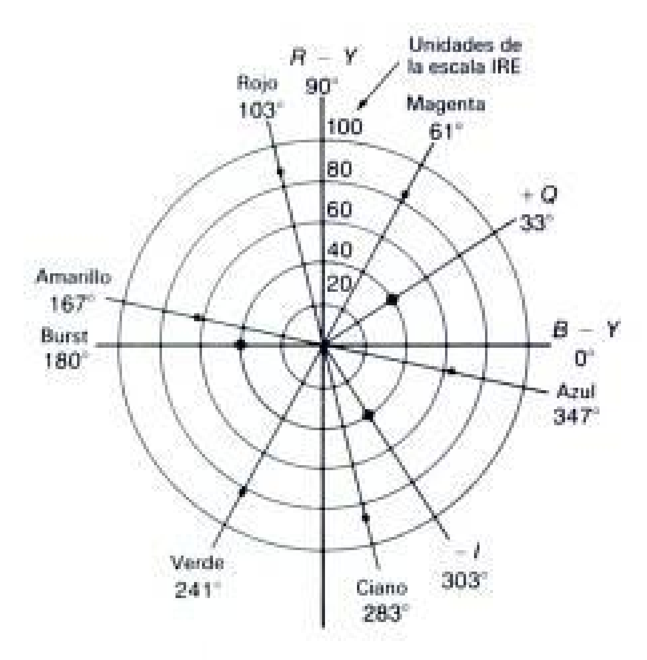


Fig. 9 - 10. Diagrama vectorial de las amplitudes relativas y los ángulos de fase de todos los colores en la señal de las barras de color del 75 %. (EIA.)

Presentación vectorial. La figura 9-10 muestra los vectores correspondientes a los valores de croma del 75 % de barras de color, representados en coordenadas polares para indicar la amplitud y la fase. Aquí la amplitud es la excursión pico a pico de la señal de croma. Las amplitudes están medidas radialmente desde el centro, indicando los círculos de 20 a 100 unidades IRE. Los ángulos están medidos en sentido sinistroso desde el eje de $B-Y$ horizontal en 0°. El eje $R-Y$ es perpendicular a 90°. El burst está en 180°, opuesto a $B-Y$.

Como ejemplos de la lectura de los valores vectoriales, el amarillo tiene una amplitud de 62 unidades IRE con un ángulo de fase de 167°. El color complementario, azul, tiene la misma amplitud de 62 unidades, pero un ángulo de fase opuesto de 347°. Obsérvese que 347° − 167° = = 180°. Son ejemplos adicionales 40 unidades en 33° para la señal $+Q$, con la señal $-I$ de 40 unidades en 303°. Además $+Q$ y $-I$ son perpendiculares, ya que $-I$ es de 57° desde 0° y 57° + + 33° = 90°.

Vectorescopio. Un vectorescopio es un osciloscopio que da en la pantalla las mismas indicaciones vectoriales que la figura 9-10. El osciloscopio utiliza deflexiones X e Y, sin barrido interno horizontal. En el eje X es aplicada la señal $B-Y$ para la deflexión horizontal y la señal $R-Y$ se utiliza para deflexión vertical. Para suministrar las entradas de las señales $B-Y$ y $R-Y$ se utiliza un decodificador de croma de precisión.

La figura 9-11 muestra la presentación del vectorescopio. Los puntos de brillo indican las puntas de los vectores. Están brillantes a causa de que el haz permanece en un punto mientras dura cada una de las barras en la figura de barras de color. Las líneas curvas conectan los puntos y muestran los rápidos cambios de fase y amplitud en las intersecciones entre las barras.

La pantalla del vectorescopio está calibrada en unidades IRE y ángulos de fase. Los pequeños cuadrados indican una tolerancia de ± 2,5 unidades IRE y de ± 2,5° de ángulo de fase. Los bordes más grandes que rodean a cada cuadrado indican una tolerancia de ± 20 unidades IRE y de ± 10° de fase. También están aquí indicadas las marcas para el burst y las señales I y Q. Se puede ajustar un vectorescopio para sintonizar el decodificador con una señal de burst de una fuente mientras se



Fig. 9 - 11. Presentación vectorescópica en la pantalla del osciloscopio de las verificaciones precisas de las amplitudes y los ángulos de fase de color.

muestran las barras de otra fuente. Esta técnica permite adaptar las fases de diferentes fuentes de color.

Preguntas de prueba 9-7
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál es el valor de luminancia *Y* en unidades IRE para la barra amarilla en la figura 9-7?
b. ¿Cuál es el valor pico a pico de la señal *C* en unidades IRE para la barra amarilla en la figura 9-8?
c. ¿Cuál es el valor de pico de *C* cuya amplitud corresponde al 100 % de blanco, de ciano o de azul?
d. En la figura 9-10 ¿cuál es el ángulo de fase para el rojo?

9-8 Señal de ventana

Esta señal de prueba generada electrónicamente está representada en la figura 9-12. Consiste en un rectángulo del 100 % de blanco que ocupa la mitad del ancho de la imagen y la mitad de la altura del fondo negro. La ventana provee el blanco de pico del 100 % que facilita los ajustes del nivel de señal. Además, la señal de ventana tiene un tiempo de subida cuidadosamente controlado

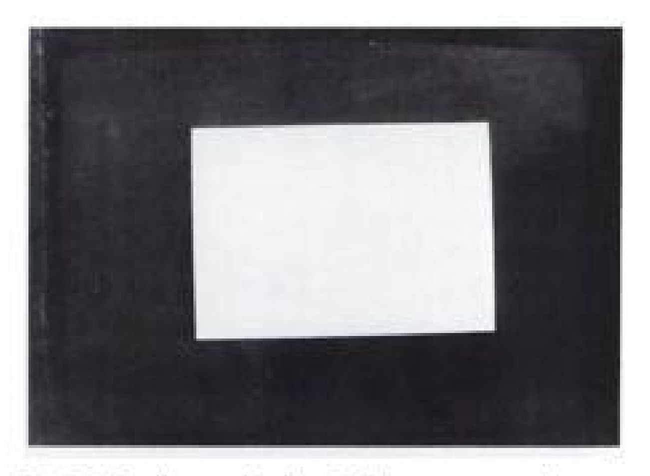
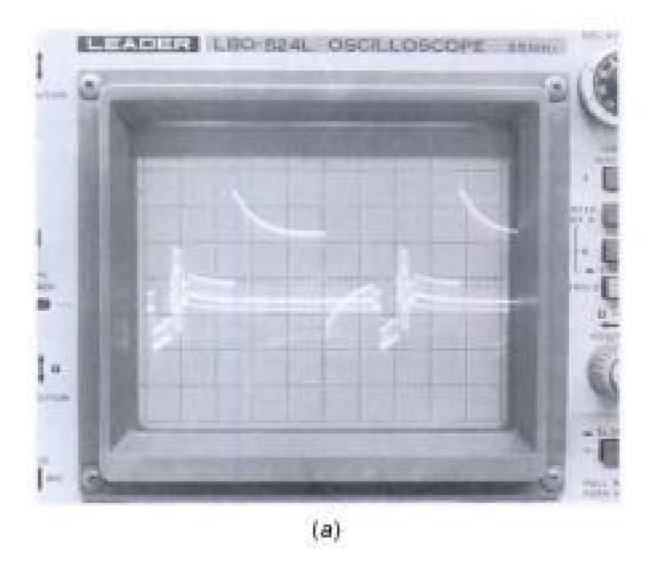


Fig. 9 - 12. Aspecto de la señal de ventana en la pantalla de TV.

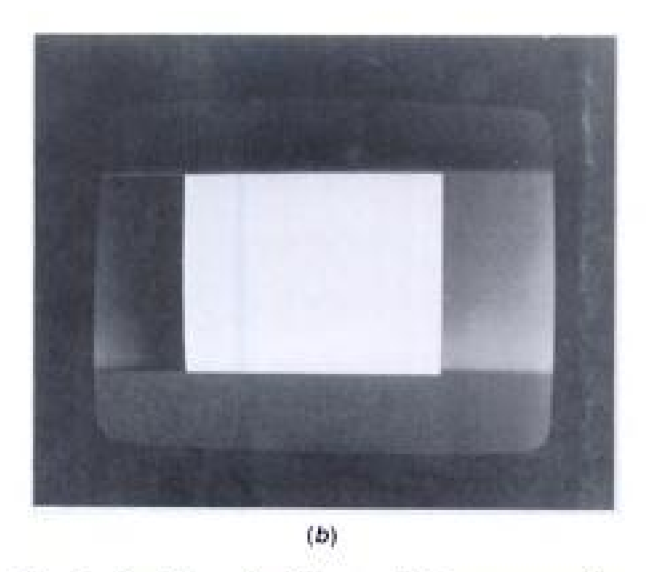
de los bordes verticales, con armónicos que permanecen dentro de la banda de paso vídeo de 4,2 MHz. Por esta razón, se utiliza la señal de ventana en las pruebas de condiciones transitorias tales como sobreimpulso, oscilación, falsa imagen y borrosidad.

La figura 9-13 ilustra el efecto de falsa imagen y borrosidad horizontal en la señal de ventana. La señal vídeo de onda cuadrada está representada en la figura 9-13*a*, con la imagen en la figura 9-13*b*. Un adelanto de fase en las frecuencias vídeo bajas produce inclinación del flanco anterior de la onda cuadrada. La señal es realmente integrada como tensión capacitiva en un circuito *RC*. Esta forma de distorsión transitoria en una onda cuadrada es lo que se llama *flecha*, *caída* o *inclinación* en la parte plana de la forma de onda. Se mide como porcentaje de inclinación. Por ejemplo, cuando el flanco anterior está en 100 unidades IRE pero la parte superior de la onda cuadrada disminuye hasta 80, la inclinación es de 20 unidades de cada 100, o sea del 20 %. La cantidad de inclinación en los eslabones de transmisión se suele mantener dentro de un 1 o un 2 %.

Obsérvese que la forma de onda de la figura 9-13*a* es más brillante en el flanco anterior a la izquierda y un poco más oscura en el flanco posterior o de cola a la derecha. Además, el negro que hay después de la ventana es más negro debido a la distorsión de la forma de onda. Este es el efecto que causa la falsa imagen. La fotografía de la figura 9-13*b* está tomada de la pantalla del tubo de imagen utilizando la señal vídeo de la figura 9-13*a*. El brillo ha sido aumentado para mostrar



(a)



(b)

Fig. 9 - 13. Distorsión de fase y falsa imagen resultante en la señal de ventana. (a) *Inclinación de la forma de onda de la señal vídeo.* (b) *Falsa imagen en la pantalla.*

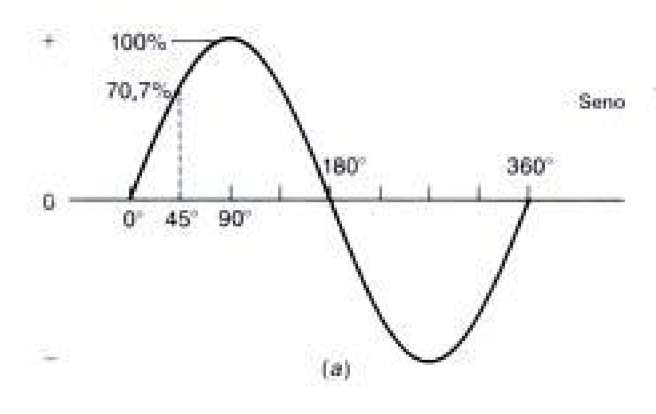
los efectos de las regiones negras. Obsérvese el ancho de la falsa imagen que sobresale a la derecha de la ventana. Este efecto se puede ver prolongado en las líneas siguientes. En consecuencia, la falsa imagen continúa en las líneas subsiguientes y aparece como una falsa imagen que se inicia en el flanco izquierdo de la pantalla.

Preguntas de prueba 9-8
Respuestas al final del capítulo

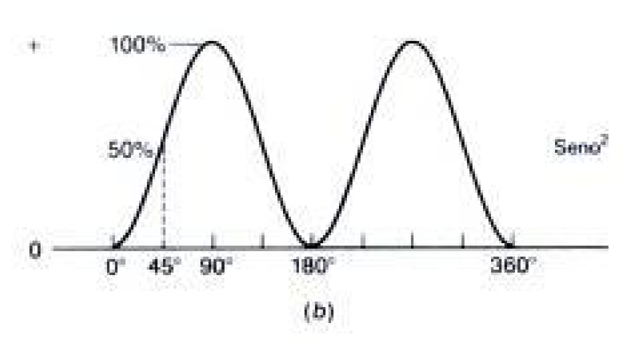
a. ¿Cuántas unidades IRE tiene la señal blanca de ventana?
b. ¿Cuántos microsegundos corresponden a la anchura de la señal de ventana?
c. ¿Qué ilustran los efectos de la señal de ventana en la figura 9-13: oscilación transitoria de alta frecuencia, o falsa imagen de baja frecuencia?

9-9 Señales de prueba senocuadradas

La figura 9-14 ilustra lo que significa una onda senocuadrada. La forma de onda senoidal simple está representada en la figura 9-14*a*. Cuando se elevan al cuadrado los valores senoidales resulta la forma de onda de la figura 9-14*b*. Obsérvese que el semiciclo negativo de la figura 9-14*a*, se



(a)



(b)

Fig. 9 - 14. (a) *Onda senoidal.* (b) *La elevación al cuadrado de los valores de seno producen la forma de onda senocuadrada. Los valores negativos son positivos cuando se elevan al cuadrado.*

convierte en positivo en la figura 9-14*b*, ya que el cuadrado de un número negativo es positivo. La forma de onda tiene una cima más ancha y menos pendiente en los flancos de subida y de caída, en comparación con una curva de seno o coseno. El impulso senocuadrado se utiliza para verificar la respuesta en alta frecuencia del equipo vídeo.

En la figura 9-15 está representada la forma específica de la señal de prueba senocuadrada. A menudo esta señal acompaña a la señal de ventana. Entonces aparece como una sola línea vertical blanca de la misma altura que la ventana y ordinariamente a la izquierda. Un osciloscopio ajustado para presentar una línea horizontal de la señal vídeo muestra que la señal de prueba senocuadrada es un solo impulso en la figura 9-15. Su pico positivo está en el nivel de blanco de 100 unidades IRE con el pico negativo en el nivel cero de borrado.

Duración de media amplitud. En todos los sistemas electrónicos se utilizan técnicas de impulso para verificar la respuesta en términos de tiempos de subida, sobreimpulso, oscilación transitoria y retardo de fase. Sin embargo, los impulsos cuadrados prácticamente perfectos de alta frecuencia producidos por un generador convencional de impulsos presentarán oscilaciones transitorias y otros efectos exteriores a la banda de paso de una señal vídeo normal. Para relacionar estos efectos con la distorsión real de la imagen, es necesario un impulso cuyo espectro de frecuencia esté dentro de la banda de paso vídeo normal de 4,2 MHz. Lo que interesa en el sistema de TV es lo

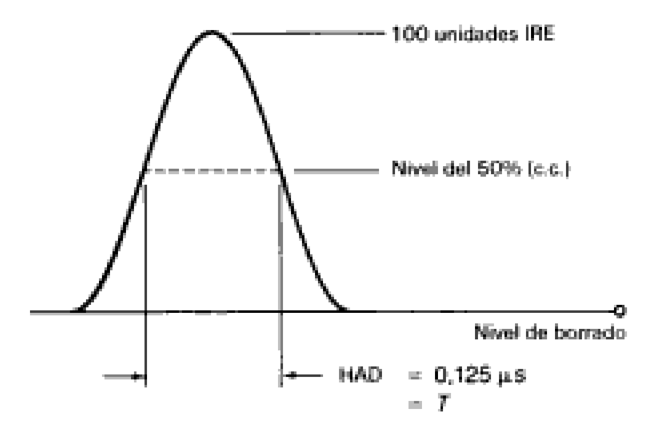


Fig. 9 - 15. Impulso senocuadrado T. *Un impulso* T *de 0,125 µs corresponde al tiempo de un elemento de imagen.*

que ocurre a las componentes de frecuencia de señal dentro, y no fuera, de la banda de paso normal. La señal senocuadrada es muy útil porque la banda de frecuencias que contiene, incluyendo la fundamental y todos sus armónicos, está determinada por un solo factor llamado *duración de media amplitud* (HAD). Véase la figura 9-15. Como su nombre indica, el HAD es el tiempo transcurrido entre los dos puntos en que el impulso tiene una amplitud igual a la mitad de su amplitud pico a pico. En la figura 9-15, el HAD es 0,125 µs.

Impulso senocuadrado *T*. Aquí *T* es 0,125 µs. Este tiempo es el HAD de un impulso *T*. Se elige el valor de 0,125 µs porque es el tiempo correspondiente a un solo elemento de imagen. Corresponde a una señal vídeo de 4 MHz para 426 elementos de imagen en el tiempo de exploración horizontal no borrada de 53,3 µs. Obsérvese que dos pixels adyacentes proporcionan un ciclo completo de señal vídeo.

En la figura 9-15, *T* es un impulso senocuadrado con HAD = 0,125 µs. Realmente se deriva de una onda cosenoidal de 4 MHz, con una componente de c.c. añadida que cambia los picos negativos al nivel cero de borrado.

Un impulso senocuadrado *T* tiene una respuesta de frecuencia inferior al 50 % en 4 MHz, que prácticamente carece de energía más allá de 8 MHz. Se emplea este impulso para evaluar los sistemas vídeo de banda ancha.

Impulso senocuadrado 2*T*. Este impulso tiene una HAD de 0,250 µs correspondiente a dos elementos de imagen. Su contenido armónico disminuye a la mitad en 2 MHz y es prácticamente nulo más allá de 4 MHz. El impulso 2*T* es ideal para evaluar los sistemas vídeo de 4 MHz porque se asemeja estrechamente al contenido de una señal normal de cámara.

Uso del impulso senocuadrado. Un amplificador sin distorsión de amplitud, frecuencia o fase, dentro de la banda base de 4 MHz, deja pasar intacto el impulso 2*T* y aparece como el indicado por la línea de trazos en la figura 9-16*a*. Su amplitud de pico tendrá 100 unidades IRE, o justamente igual a la parte plana de la señal de ventana blanca. Recuérdese que los impulsos senocuadrados se utilizan conjuntamente con la señal de ventana, como una línea vertical blanca a la izquierda de la ventana.

La distorsión de frecuencia originada por valo-

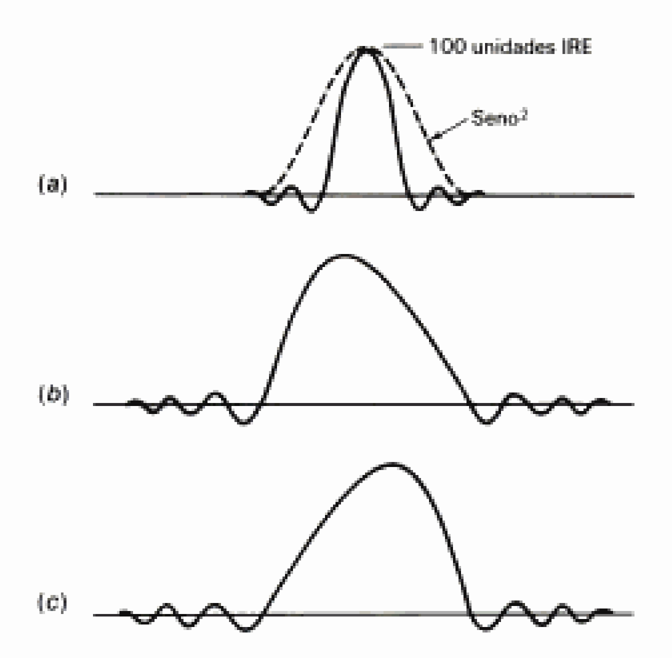


Fig. 9 - 16. Uso del impulso senocuadrado para verificar las distorsiones de frecuencia y de fase. (a) *Menor anchura del impulso con la misma simetría indica distorsión de frecuencia pero no distorsión de fase.* (b) *La inclinación indica adelanto de fase.* (c) *La inclinación opuesta muestra retardo de fase.*

res relativos incorrectos de los armónicos de orden alto son causa de la distorsión indicada por el impulso presentado en línea continua en la figura 9-16*a*. El impulso tiene menos anchura, pero todavía es simétrico. Es más estrecho a causa de la variación de amplitudes relativas en ciertas frecuencias armónicas. Cuando hay distorsión de fase, es causa de inclinación, o falta de simetría, como muestran las figuras 9-16*b* y *c*.

Los pequeños lóbulos que preceden y siguen al impulso se llaman *sobreimpulsos* cuando son positivos e *subimpulsos* cuando son negativos. Los sobreimpulsos y los subimpulsos producen contornos múltiples en la imagen.

Retículo *K*. Para evaluar cuantitativamente el impulso senocuadrado, se utiliza un retículo especial en el monitor de la forma de onda del estudio (fig. 9-17). Este retículo, llamado *factor K*, marca los límites aceptables del impulso y de sus lóbulos menores. Los límites fueron creados por observadores expertos que asignaron los valores para la degradación de la imagen causada por señales de eco artificialmente generadas. Los contornos múltiples aparecen como fantasmas en la imagen, pero solamente en los bordes verticales.

En el retículo *K* de la figura 9-17 la línea continua representa un factor *K* del 4 %; la línea de trazos es el 2 %. Cuando el impulso reproducido cae dentro de los límites de las líneas de trazos, el factor *K* es del 2 %. Este valor significa que prácticamente no hay degradación visible de la imagen. El retículo *K* se puede utilizar con impulsos senocuadrados *T* o 2*T* cambiando la base de tiempos horizontal del monitor de forma de onda.

Impulsos de 20*T* y 12,5*T* modulados. Los impulsos *T* y 2*T* fueron creados para sistemas monocromáticos. Para señales en color, la distorsión de las bandas laterales de la subportadora de 3,58 MHz tiene más importancia. Por estas razones fueron creados impulsos más anchos de 20*T* y 12,5*T*. Estos impulsos son modulados en la subportadora de color de 3,58 MHz.

Para el impulso 12,5 *T* con HAD igual 1,56 µs, este tiempo corresponde a la frecuencia vídeo de aproximadamente 640 kHz. Esta frecuencia relativamente baja está inmediatamente encima del margen de las señales vídeo de color tales como *R — Y*, *B — Y* y *G — Y*.

Por lo demás, la modulación de 3,58 MHz hace posible juzgar los cambios en las amplitudes relativas de luminancia/crominancia, así como los cambios de fase relativos en la señal de croma. Los efectos de croma alta y croma baja están indicados en las figuras 9-18 *b* y *c*. Obsérvense las

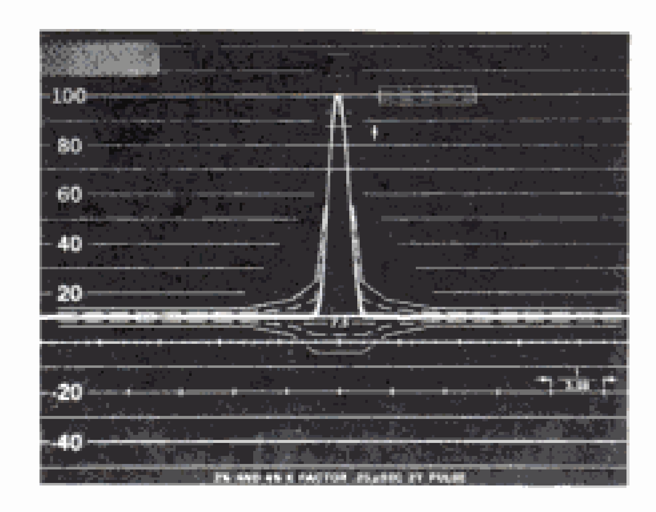


Fig. 9 - 17. El retículo de factor K *indica límites aceptables de distorsión en el impulso senocuadrado.* (Tektronix.)

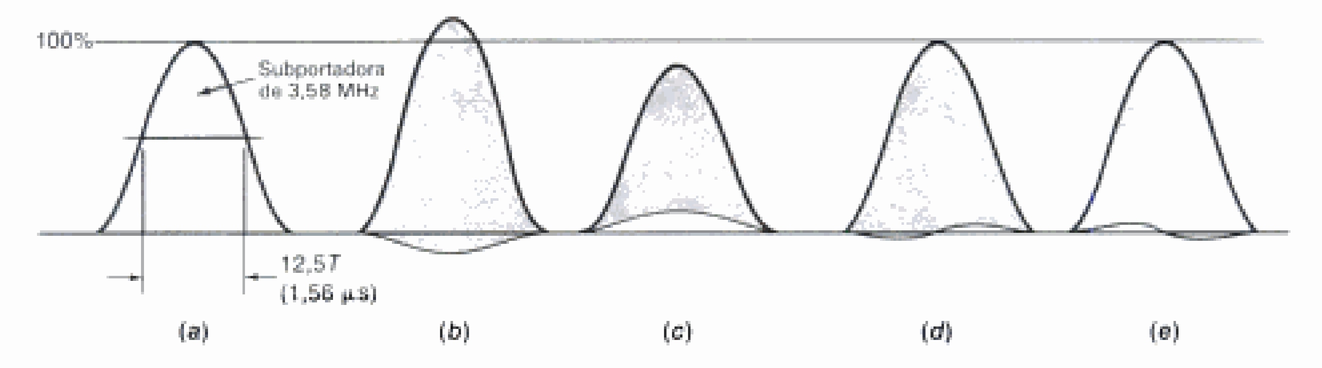


*Fig. 9 - 18. Uso del impulso senocuadrado 12,5*T *modulado para evaluar la amplitud y la fase relativa de la señal de croma.* (a) *Impulso senocuadrado 12,5*T *modulado.* (b) *Alta croma.* (c) *Baja croma.* (d) *Adelanto θ de croma.* (e) *Retraso θ de croma.*

amplitudes más bajas en la figura 9-18*c*. Los efectos del adelanto y del retraso de la fase de croma están indicados en las figuras 9-18*d* y *e*, respectivamente. Estos dos ejemplos muestran inclinación en las formas de onda.

Preguntas de prueba 9-9
Respuestas al final del capítulo

a. ¿El impulso *T* senocuadrado tiene un HAD de uno, o de dos elementos de imagen?
b. ¿Cuántos microsegundos tiene el HAD de un impulso senocuadrado 2*T*?
c. ¿Por encima de cuántos megahercios no tiene componentes de alta frecuencia un impulso senocuadrado 2*T*?
d. Un impulso 12,5*T* modulado tiene una amplitud de pico mayor que la parte plana de la señal de ventana. ¿Es demasiado alta o demasiado baja la ganancia en 3,58 MHz?

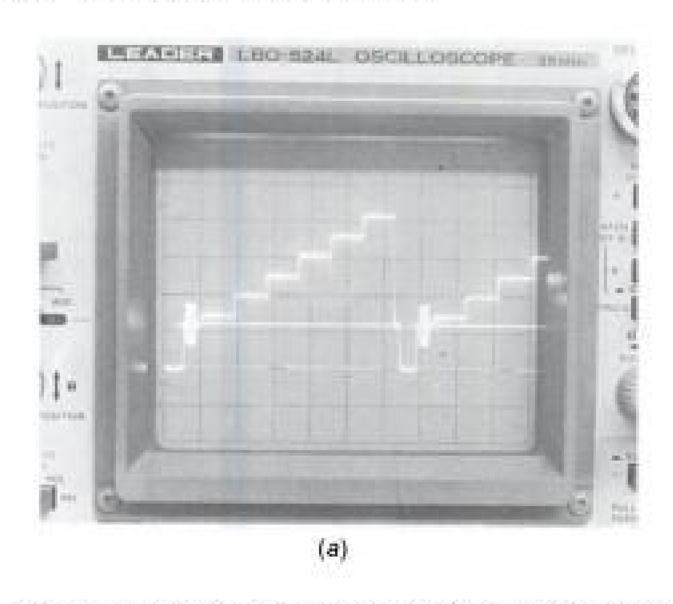
9-10 Señales de prueba en forma de escalera

Las señales de prueba senocuadradas están destinadas a evaluar las distorsiones de frecuencia y de fase. Para evaluar la distorsión de amplitud o alinealidad del sistema se utiliza una señal en forma de escalera. La escalera se genera electrónicamente. Consiste en una serie de barras verticales en la imagen que comienzan en el nivel de borrado o en el nivel de ajuste de negro y cuyo brillo aumenta en iguales incrementos de izquierda a derecha. Puede haber pocos escalones o tantos como 10.

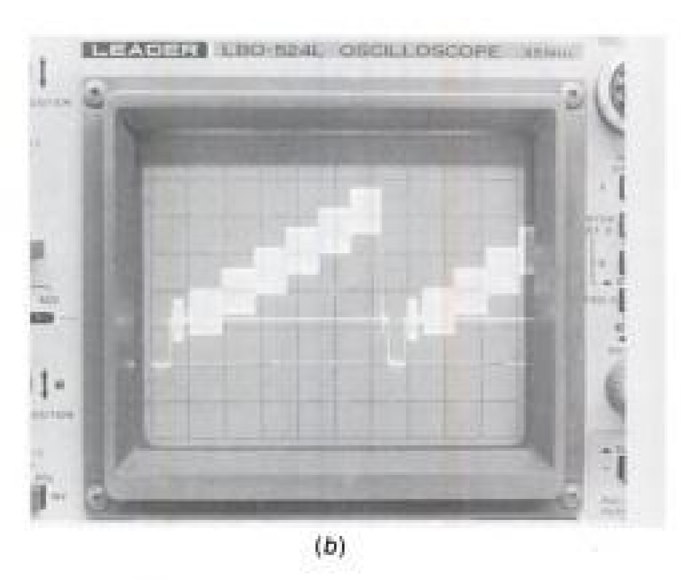
La figura 9-19*a* muestra una forma de escalera normalizada que contiene seis escalones con iguales contrahuellas entre el ajuste de negro en 7,5 unidades IRE y el blanco de pico en 100 unidades. Hay seis peldaños y cinco contrahuellas. Cada contrahuella sube $92,5/5 = 18,5$ unidades IRE. Cuando la amplificación es lineal, todas las contrahuellas son iguales. La compresión en los escalones más altos indica menos ganancia para las amplitudes de blanco. Esta distorsión de amplitud no lineal puede ser causada por polarización incorrecta en un amplificador. Además, insuficiente desviación de frecuencia en un eslabón de microondas FM se puede manifestar como acortamiento de la contrahuella superior. Estos transmisores utilizan generalmente FM para la señal portadora de imagen, que es convertida a la señal AM normal de imagen para la difusión de TV.

Escalón diferenciado. Los monitores de la forma de onda en el estudio están equipados con un filtro de paso alto especial que puede ser conmutado para diferenciar la señal de escalera. La diferenciación pone de manifiesto un cambio de nivel. El resultado en la forma de onda es la aparición de cinco picos en el borde anterior de cada escalón. Cuando la ganancia del amplificador es uniforme, todos los picos tienen la misma amplitud. En efecto, los escalones están alineados en un nivel de tensión para que sus picos permitan una fácil comparación en la pantalla del osciloscopio.

Escalera modulada. Esta señal añade una muestra de la señal subportadora de color de 3,58 MHz



(a)



(b)

Fig. 9 - 19. (a) *Señal en forma de escalera.* (b) *Señal en forma de escalera modulada.*

en una fase fija, usualmente $-(B-Y)$ o fase del burst con la amplitud fija de 40 unidades IRE p-p (fig. 9-19*b*). La escalera modulada sirve para mostrar los efectos de la alinealidad de amplitud de una señal de color. Por ejemplo, los blancos comprimidos actúan comprimiendo la señal de croma en sus niveles más altos de luminancia (Y). El amarillo y el ciano plenamente saturados aparentan menos saturación.

Para ver los efectos de la alinealidad en la escalera modulada, en el monitor de la forma de onda, un conmutador selector conecta el filtro de paso de banda de 3,58 MHz en serie con la entrada del osciloscopio. El filtro suprime toda la información de la señal Y y sólo permanece la señal de croma. Cuando la amplificación es lineal, las amplitudes p-p de la señal subportadora de 3,58 MHz permanecen iguales en 40 unidades IRE y todas aparecen con la misma amplitud en la forma de onda del osciloscopio.

Ganancia diferencial. Se utiliza este factor para especificar la cantidad de no linealidad como porcentaje. La ganancia diferencial es

$$D_g = \left(1 - \frac{x}{y}\right) 100 \qquad (9\text{-}1)$$

donde x es la menor amplitud en la escalera modulada e y es la amplitud de los escalones uniformes. Las amplitudes son valores p-p del burst de 3,58 MHz en cada escalón de la forma de onda modulada. Por ejemplo, cuando todos los burst menos el del escalón superior tienen 40 unidades IRE y el burst del escalón superior tiene 35 unidades IRE, la ganancia diferencial es

$$\begin{aligned} D_g &= \left(1 - \frac{35}{40}\right) 100 \\ &= (1 - 0,875)\ 100 \\ &= (0,125)(100) = 12,5\ \% \end{aligned}$$

Cuanto menor sea el valor de D_g, mejor es la linealidad. Usualmente un equipo bien diseñado tiene una ganancia diferencial igual al 4 %, aproximadamente.

Fase diferencial. Aunque este no es un hecho obvio, la cantidad de desfase puede variar en un amplificador con un cambio del punto de trabajo de c.c. Por ejemplo, la capacidad en la unión de emisor tiende a aumentar cuando se eleva la polarización directa en un amplificador a transistor. En consecuencia, si se varía el punto de trabajo, puede variar la respuesta en ángulos de fase. En la televisión en color, la distorsión de fase resultante puede ser causa de cambio del matiz entre las partes oscura y brillante de la imagen.

La señal de escalera modulada, con su fase constante de los burst de subportadora en todos

sus escalones, se utiliza para evaluar la fase diferencial, expresada en grados. Con un vectorescopio, esta señal puede indicar la dispersión del ángulo de fase en cada uno de los escalones. Naturalmente, cuanto menor sea la variación del ángulo de fase, mejor es la respuesta. En un equipo bien diseñado, la especificación es menor que 4° para la distorsión de fase diferencial.

Preguntas de prueba 9-10
Respuestas al final del capítulo

a. En la figura 9-19*a* ¿cuál es el valor de luminancia del escalón más oscuro, expresado en unidades IRE?
b. ¿Cuál es el valor p-p de una señal de 3,58 MHz en cada escalón de la señal de escalera modulada expresado en unidades IRE?
c. En la fórmula 9-1, x es 39 e y es 40. Calcular la ganancia diferencial.

9-11 Señales de prueba en el intervalo de borrado vertical

En los primeros días de televisión, las pruebas de los enlaces de la red de transmisión se hacían por la noche, después de finalizar la difusión normal. Ahora, casi no queda tiempo para interconectar los enlaces de transmisión para estas pruebas, porque están muy ocupados. Por tanto, se ha aprovechado cualquier tiempo no utilizado de la señal de TV normalizada para probar las señales. Un tiempo relativamente largo que se puede utilizar es el del período del borrado vertical.

El tiempo de borrado vertical incluye 21 líneas completas horizontales en cada campo. Las primeras nueve de estas líneas se utilizan para lo siguiente:

3 líneas *H* para los impulsos anteriores de ecualización o igualación
3 líneas *H* para el impulso de sincronismo vertical
3 líneas *H* para los impulsos posteriores de igualación

Son necesarios estos impulsos para la información de sincronización vertical. Sin embargo, $21 - 9 = 12$ líneas horizontales permanecen todavía dentro del tiempo de borrado de 21 líneas. Estas 12 líneas se pueden utilizar para insertar las señales de prueba entre los impulsos de borrado *H* que permanecen en el tiempo de borrado vertical. El sincronismo *H* y el burst de color dentro del tiempo de borrado *H* no resultan perturbados.

Líneas específicas tienen un uso específico para los propósitos de prueba. Para usar esta información, osciloscopios o monitores de formas de onda especiales incluyen circuitos de activación instantánea para la visualización de las líneas deseadas en el intervalo de borrado vertical en que se insertan las señales de prueba.

Para indicar estas líneas específicas, se las numera. El método usual cuenta la línea 1 desde los impulsos anteriores de igualación hasta la línea 21 al final del borrado vertical. La figura 7-7 ilustra los impulsos inyectados en el borrado vertical.

En el primero y en todos los campos impares, la línea 1 incluye los dos primeros impulsos igualadores. Estos impulsos y las hendiduras en el impulso de sincronismo vertical se repiten a intervalos de media línea. Hay tres líneas para los seis impulsos igualadores antes del sincronismo *V*. Luego el impulso de sincronismo vertical almenado asume tres líneas más. Los seis impulsos igualadores que siguen al de sincronismo *V* asumen también tres líneas. Después de estas nueve líneas se cuentan 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21 hasta el final del borrado vertical.

En el campo segundo y en los siguientes campos pares, la línea 1 es la primera línea completa y no media línea. Aquí, la línea 1 comienza a partir del segundo impulso igualador. Luego continúa la cuenta de líneas lo mismo que en los campos impares.

Preguntas de prueba 9-11
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuántas líneas *H* corresponden al impulso de sincronismo vertical?
b. ¿Cuál es la cuenta para la línea *H* que sigue inmediatamente a los impulsos igualadores?

9-12 Señal de prueba en el intervalo vertical (VITS)

La figura 9-20 muestra la señal de prueba en el intervalo vertical (VITS) recomendada por el Network Transmission Committee de EIA. La señal utiliza las líneas 17 y 18 en el borrado vertical de

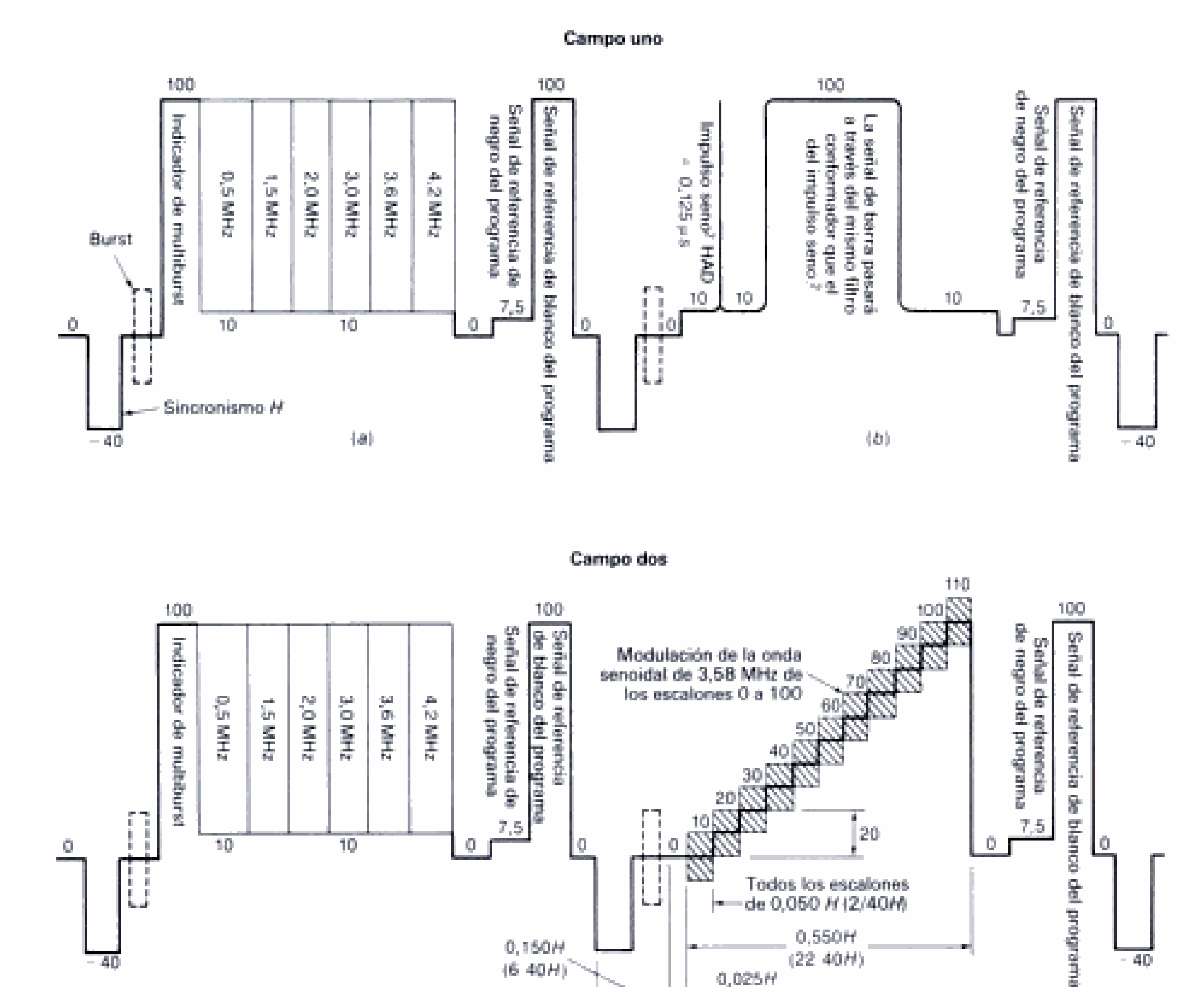


Fig. 9 - 20. VITS recomendada por el Network Transmission Committee. (a) *Línea 17 en campos impares (multiburst).* (b) *Línea 18 en campos impares (impulso senocuadrado y barra).* (c) *Línea 17 en campos pares (multiburst).* (d) *Línea 18 en campos pares (impulso en escalera modulado).* (EIA.)

ambos campos de TV. La línea 17 se utiliza principalmente para la señal *multiburst*, que contiene frecuencias vídeo de 0,5 a 4,2 MHz. La línea 18 tiene una señal de prueba senocuadrada en los campos impares y una señal de escalera modulada en los campos pares.

Campos impares. Referencia a la figura 9-20*a* para la línea 17 en los campos impares. La señal de prueba comienza con un escalón blanco o indicador en 100 unidades IRE para referencia de amplitud. Está seguida por una serie de bursts de una señal de onda portadora no modulada (cw) en diferentes frecuencias vídeo. Cada burst sube en un eje central que permite variar el nivel p-p de la onda senoidal entre el nivel de ajuste del negro y el del blanco de pico. Las frecuencias del burst son de 0,5, 1,5, 2,0, 3,0, 3,6 y 4,2 MHz de izquier-

da a derecha. Cuando se hace la prueba con una pantalla de TV o un osciloscopio, sus amplitudes relativas indican la respuesta de frecuencia aproximada en la banda de paso vídeo. El resto de la línea 17 contiene una referencia de barra blanca con un 7,5 % de ajuste de negro.

Referencia a la figura 9-20*b* para la línea 18 en campos impares. Esta línea contiene un impulso senocuadrado de prueba seguido de una señal de "barra". La barra corresponde a una señal de ventana para sólo una línea. El final de la línea 18 tiene también un 100 % de barra blanca para la calibración de la amplitud y la referencia, como en la línea 17.

Estas son líneas sucesivas en un campo impar. La señal de la figura 9-20*a* está seguida por la señal de la figura 9-20*b*.

Campos pares. Consideremos ahora la línea 17 en campos pares, como muestra la figura 9-20*c*. Tiene también la señal de prueba multiburst, como la línea 17 en los campos impares. Sin embargo, la línea 18 para los campos impares, que aparece en la figura 9-20*d*, contiene la señal de escalera modulada. Hay 10 escalones, cada uno con una amplitud p-p de 20 unidades IRE.

Observación de las VITS. En la mayoría de receptores de TV se pueden ver las VITS girando el control de sincronismo vertical cuidadosamente para que la imagen descienda lentamente. Entonces se observan las figuras de las VITS en las líneas de las partes próximas a la parte inferior de la barra de borrado (fig. 9-21). Si es necesario se aumenta el brillo.

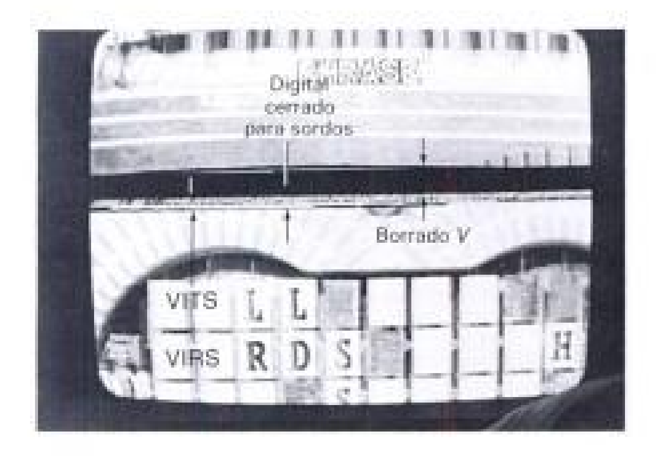


Fig. 9 - 21. Cómo aparecen en la pantalla del receptor de TV las VITS y VIRS en el intervalo de borrado vertical.

La verificación de las VITS con un osciloscopio requiere disponer de uno que pueda ser enganchado al comienzo de un campo. Entonces se pueden ver las VITS utilizando una base de tiempos breve de 150 µs/cm o menos. Es necesario un ampliador de barrido o un barrido lento para expandir las dos líneas *H* para una buena observación. Un monitor de forma de onda tiene un generador de base de tiempos calibrado que permite ver las líneas 17 a 21 mediante la selección con un conmutador en el panel frontal.

Preguntas de prueba 9-12
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Qué dos líneas se utilizan en el borrado *V* para las VITS?
b. ¿Qué línea se utiliza para la señal de prueba multiburst?
c. ¿Cuál es la frecuencia de prueba más alta en el multiburst?

9-13 Señal de referencia en el intervalo vertical (VIRS)

Estas pruebas se efectúan para evaluar las características del sistema de transmisión, para croma y luminancia. Además, la VIRS se puede utilizar en los circuitos de procesado de señal. La señal está representada en la figura 9-22. Se la transmite en la línea 19 del intervalo de borrado vertical, en campos pares e impares.

La fase del burst de color puede ser errónea. En la salida de la cámara, el burst de color es la clave para corregir la fase y el matiz de la línea de señal que sigue al burst. Sin embargo, en muchas de las etapas del procesado de señal en un enlace largo de una red complicada, el burst de color puede ser suprimido, conformado de nuevo y vuelto a insertar en la señal compuesta por el equipo llamado *amplificador de procesamiento*. Después de un cierto número de estas operaciones, la fase final del burst puede ser errónea en comparación con la información de la línea activa de exploración. La VIRS provee una muestra de la fase del burst correcta. En consecuencia, un circuito automático de control de fase puede comparar la señal con el burst de referencia y ajustar la fase si es necesario. La amplitud del burst de referencia es verificada también para corregir la amplitud de la subportadora cuando sea necesario.

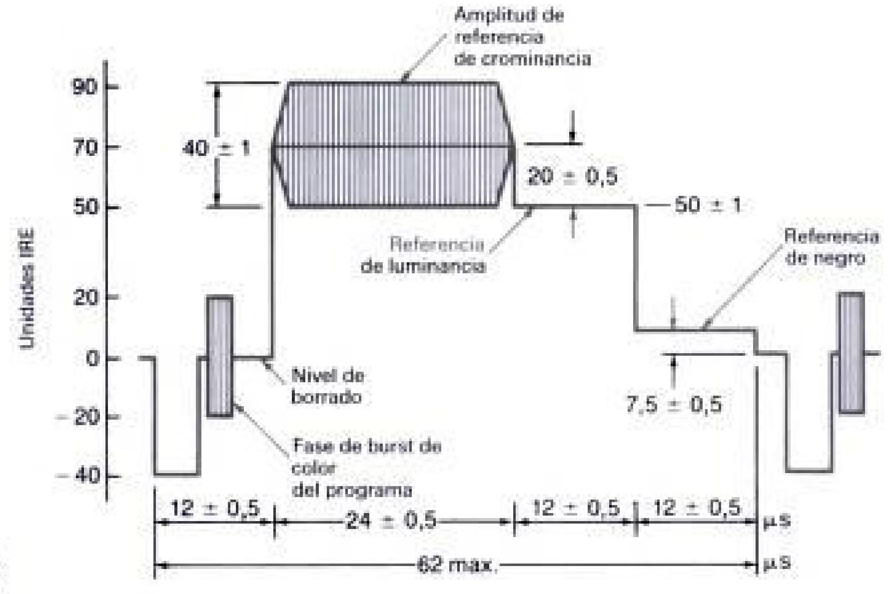


Fig. 9 - 22. Detalles de la VIRS, transmitida en la línea 19 durante el intervalo de borrado vertical en los campos pares e impares.

Referencia a la figura 9-22 para los detalles de la VIRS. Los valores de referencia incluyen lo siguiente:

1. Barra de croma de 3,58 MHz. La amplitud pico a pico es 40 unidades IRE en un eje de 70 unidades. Los intervalos de tiempo marcados en la parte inferior de la figura indican que el ancho de la barra de referencia de croma es 24 μs.
2. Nivel de referencia de luminancia de 50 unidades IRE. Este nivel está establecido para 12 μs.
3. Nivel de referencia de ajuste del negro de 7,5 unidades IRE, que es también de 12 μs.

El intervalo total de tiempo para la VIRS es 62 μs más 1,3 μs para el umbral anterior del sincronismo *H*, en la línea 19 del borrado vertical.

La VIRS no se utiliza para diagnosticar la distorsión. Su función es establecer los valores correctos de la amplitud de croma y de la fase, con los niveles de luminancia y de ajuste del negro, cuando la señal sale del punto de origen.

Como forma parte de la señal transmitida, la VIRS está disponible en el receptor. Se han desarrollado circuitos para ajustar la fase del color correspondiente a los niveles de matiz o tinte y de croma automáticamente, utilizando la VIRS como referencia. También hay provistos ajustes manuales para satisfacer las preferencias individuales del color. Se considera que estos receptores tienen control automático de VIRS.

No obstante, el control de VIRS utilizado en los receptores con grabadores de videocassette constituye un problema. Estas máquinas del tipo doméstico requieren dos líneas de señal secuencial de croma para que funcionen correctamente. Con la VIRS en una sola línea es reproducida la señal de croma con la mitad de amplitud en la cinta. Un receptor que utilice VIRS automática detectará la amplitud inferior como error de croma y aumentará la ganancia para producir una imagen de color sobresaturada. Otro problema es que los impulsos para conmutar la cabeza de vídeo en el grabador pueden interferir con los circuitos VIRS de procesado del receptor cuando se reproduce la cinta. Los detalles de los grabadores de videocassette se explican en el capítulo 10.

Preguntas de prueba 9-13
Respuestas al final del capítulo

a. Nombrar dos señales de prueba transmitidas en el intervalo de borrado vertical.
b. ¿En cuál de las líneas 17, 18 o 19 es transmitida la VIRS?
c. ¿Qué señal de prueba tiene los valores de referencia para la fase y la amplitud de croma?

9-14 Señales de comunicaciones en el intervalo de borrado vertical

De las 21 líneas incluidas en el borrado *V*, las 9 primeras se utilizan para sincronismos *V* y los impulsos de igualación y las líneas 17, 18 y 19 son para la VITS y para la VIRS. Por tanto, las líneas 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 quedan disponibles para otros usos. Estas líneas son extremadamente útiles en los sistemas especiales de comunicaciones.

Código SMPTE. Los programadores utilizan tres líneas por campo, tales como las 12, 13 y 14 para almacenar los datos en la forma de código digital. El código convenido ha sido establecido por la Society of Motion Pictures and Television Engineers (SMPTE). Se utiliza este código SMPTE para identificar el material de programa, la hora del día, el número de cuadro y otra información de la producción. Las videocintas de tiempo codificado se utilizan en la edición por ordenador para formar programas completos mediante "cortes" de producción separados. Obsérvese que las señales de código existen en las videocintas originales, pero deben ser previamente suprimidas para difusión con el fin de satisfacer los requisitos de la FCC.

Epígrafes visuales. Una reciente adición a una señal de intervalo vertical aprobada es la codificación digital para las señales que superpone indicaciones o epígrafes para los deficientes de oído en la imagen de TV. Un decodificador especial incorporado en el receptor controla las líneas utilizadas para los datos destinados a ellos. Luego son procesados los datos para formar símbolos alfanúmericos que incluyen números y letras.

Teletexto y videotexto. Otro sistema similar es el de la transmisión de cantidades mucho más grandes de palabras de datos que permiten la reproducción de páginas completas de caracteres alfanuméricos en la forma de texto. Pueden tener incluidos gráficos o imágenes simples.

El tiempo disponible en el intervalo de borrado vertical se puede utilizar para los datos de texto. Este método requiere un decodificador en el receptor para controlar las líneas específicas y el procesado de señales digitales. Actualmente se están utilizando sistemas de este tipo en Europa, Japón y Canadá. En los Estados Unidos se está trabajando en la preparación de normas para tal sistema.

Cuando se distribuyen los datos en forma de señales vídeo se considera que el sistema es de *videotexto*. El método de utilizar la señal de TV, o la señal de cable, se llama *teletexto*. En la figura 1-23 hay ilustrada una unidad de videotexto.

Preguntas de prueba 9-14
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. El código SMPTE utiliza las líneas, 4, 5 y 6 en el tiempo de borrado *V*.
b. En el tiempo de borrado *V* se pueden codificar epígrafes visuales en la imagen de TV.
c. Los datos de teletexto utilizan el tiempo de borrado *H* en todas las líneas horizontales.

RESUMEN

1. La carta de ajuste de la figura 9-1 incluye líneas convergentes de blanco y negro para verificar la calidad de detalles de la imagen, o resolución. Las cuñas verticales indican resolución horizontal, cuando el haz explora transversalmente las líneas individuales. La aptitud para distinguir las líneas en las cuñas laterales indica cuál es la resolución vertical.
2. La cuñas laterales también indican mal entrelazado por un efecto de moiré en las líneas diagonales.

3. La resolución horizontal de los detalles se mide en una anchura correspondiente a las tres cuartas partes de la altura. La resolución horizontal normal en los receptores de TV es 250 líneas, correspondientes a la respuesta de videofrecuencia de 3,125 MHz.
4. La carta de ajuste de la figura 9-1 tiene 10 gradaciones iguales de la escala de gris entre el negro y el blanco.
5. La borrosidad o la falsa la imagen son producidas por la distorsión de la fase de las frecuencias vídeo de aproximadamente 100 kHz y menos (fig. 9-2).
6. La oscilación transitoria en la imagen significa múltiples contornos en los bordes hacia la derecha (fig. 9-3). La causa es una excesiva ganancia en altas frecuencias, de aproximadamente 2 a 4 MHz y mayores, que ponen al amplificador en la condición de riesgo de oscilaciones.
7. El monoscopio es un tubo de cámara especial con una carta de ajuste impresa en la placa de imagen.
8. La carta de bolas de la figura 9-6 se utiliza con un generador separado de barras cruzadas para verificar la linealidad de la cámara, independientemente del monitor.
9. La señal de barras de color estándar EIA (fig. 9-7) incluye barras *R, G, B* y sus colores complementarios y el blanco, para verificar los valores de crominancia y luminancia. Los colores tienen una amplitud del 75%, en términos de unidades IRE, pero están plenamente saturados.
10. La señal de ventana de la figura 9-12 consiste en un rectángulo totalmente blanco cuya altura y anchura son iguales a la mitad de las correspondientes en la imagen, sobre un fondo negro. Esta imagen es útil para verificar falsas imágenes y la oscilación transitoria.
11. Se emplean impulsos senocuadrados para verificar la respuesta en videofrecuencias altas. La HAD es la duración de media amplitud del impulso. El impulso *T* tiene una HAD de 0,125 μs, que es el tiempo correspondiente a un pixel, con 0,250 μs para un impulso 2*T*. Los impulsos 20*T* y 12,5*T* son más largos, y sirven para verificar la respuesta de frecuencia de señales vídeo de color de hasta 640 kHz.
12. La señal en forma de escalera de la figura 9-19*a* se utiliza para verificar la distorsión de amplitud de la señal de luminancia. La señal en forma de escalera modulada de la figura 9-19*b* se utiliza para verificar la alinealidad de la amplitud de una señal de croma de 3,58 MHz.
13. La señal de prueba de intervalo vertical (VITS) está representada en la figura 9-20. Utiliza las líneas 17 y 18 del tiempo de borrado vertical en los campos par e impar de las señales de prueba para verificar la respuesta de frecuencia y la distorsión de amplitud.
14. La señal de referencia de intervalo vertical (VIRS) está representada en la figura 19-22. Es transmitida en la línea 19 del período de borrado vertical, en los campos pares e impares. La VIRS se utiliza para evaluar las características del sistema de transmisión de croma y luminancia.
15. Teletexto es un sistema de transmisión de señales de comunicaciones en el intervalo de borrado vertical, para difusión de televisión por radio o por cable.

AUTOEXAMEN

Respuestas al final del libro

Contestar verdadero o falso.

1. Las videofrecuencias más altas corresponden al detalle horizontal.
2. Las videofrecuencias más bajas tienden a producir oscilación transitoria.
3. La aptitud para distinguir líneas individuales en la cuñas superiores e inferiores de la carta de ajuste indica resolución horizontal.
4. Una resolución horizontal de 300 líneas corresponde a 400 pixels de la información de imagen.
5. La aptitud para distinguir líneas individuales en las cuñas laterales de la carta de ajuste indica resolución vertical.
6. Las líneas diagonales en la información de imagen proporcionan una buena prueba de entrelazado.
7. La carta de ajuste de la figura 9-1 tiene 30 escalones iguales de los valores de la escala de gris entre el negro y el blanco.
8. La resolución horizontal de 240 líneas corresponde a una respuesta de videofrecuencia de 24 MHz.
9. La borrosidad y la falsa imagen son causadas por distorsión de fase de las frecuencias vídeo comprendidas en el margen de 10 a 100 kHz.
10. La oscilación transitoria en la imagen está producida por las oscilaciones de videofrecuencias altas.
11. El monoscopio es un tipo especial de tubo de imagen en color.
12. La carta de bolas se utiliza para verificar la linealidad de la cámara.
13. Una carta de ajuste de barras cruzadas tiene barras horizontales y verticales igualmente espaciadas.
14. La carta de ajuste de barras de color EIA tiene los colores *R, G, B* y sus complementarios con una amplitud de 75 unidades IRE.
15. El vectorescopio muestra los ángulos de fase de diferentes matices.
16. La señal de ventana se utiliza para verificar la saturación de croma.
17. La HAD de un impulso de prueba senocuadrado $2T$ es 0,25 μs.
18. La señal en forma de escalera se utiliza para verificar la distorsión de amplitud de la señal Y.
19. La señal en forma de escalera modulada incluye la señal de croma de 3,58 MHz.
20. Las VITS y VIRS son señales de prueba transmitidas durante el intervalo de borrado vertical.
21. El intervalo de borrado vertical tiene seis líneas que no se utilizan para la sincronización vertical.
22. La señal de prueba multiburst en la VITS sirve para verificar la respuesta de videofrecuencias altas.
23. Teletexto es un sistema para transmitir señales de comunicaciones durante el intervalo de borrado vertical.
24. Un sistema de videotexto puede utilizar las líneas telefónicas públicas para la distribución de señales y datos de comunicaciones.

PREGUNTAS DE ENSAYO

1. Nombrar por lo menos cinco usos de la carta de ajuste EIA de la figura 9-1.
2. ¿Por qué se mide la resolución de las líneas horizontales en términos de la altura de la imagen?
3. Enumerar los valores típicos de resolución horizontal y vertical de un receptor de TV.
4. Comparar las causas y efectos de las falsas imágenes y la oscilación transitoria en la imagen.
5. ¿Cuál es el efecto de la distorsión de fase en una señal de onda cuadrada?
6. ¿Qué significa oscilación transitoria en un circuito *LC*?
7. ¿Por qué produce múltiples contornos en la imagen la oscilación transitoria?
8. ¿Qué es un monoscopio?
9. Enumerar dos usos de una carta de ajuste de barras cruzadas.
10. ¿Cómo se utiliza la carta de bolas EIA?
11. Enumerar tres características de la carta de ajuste de barras de color estándar EIA ilustrada en la figura 9-7.
12. ¿Cuáles son los colores complementarios de rojo, verde y azul para la carta de ajuste barras de color estándar EIA?
13. ¿Cuál es la función de un vectorescopio?
14. Nombrar un uso de la señal de ventana.
15. Enumerar los usos de la señal de prueba en forma de escalera y de la señal en escalera modulada.
16. Definir ganancia diferencial.
17. Definir la HAD de la señal de prueba senocuadrada.
18. ¿Por qué es mejor la señal de prueba senocuadrada que la de impulsos de onda cuadrada?
19. Definir las siguientes señales de prueba senocuadradas: T, $2T$, $12{,}5T$ y $20T$.
20. ¿Cuál es la finalidad de un retículo K?
21. ¿Cuántas líneas comprendidas en el intervalo de borrado vertical son reservadas a la sincronización vertical, con impulsos igualadores?
22. Enumerar las señales específicas de prueba comprendidas en la VITS.
23. Describir la señal de prueba VIRS.
24. ¿Qué se entiende por *teletexto* y *videotexto*?

PROBLEMAS

Soluciones de los problemas de número impar al final del libro

1. Calcular la respuesta de videofrecuencia correspondiente a la resolución horizontal de (*a*) 200 líneas, (*b*) 320 líneas.
2. ¿Qué resolución horizontal corresponde a las frecuencias de (*a*) 2,5 MHz, (*b*) 4 MHz?
3. ¿Cuál es el tiempo de exploración horizontal para los siguientes números de pixels? (*a*) 1, (*b*) 2, (*c*) 12,5, (*d*) 20.

4. Calcular la L necesaria con capacidad de 20 pF y una frecuencia resonante de 2,4 MHz.
5. Utilizar la fórmula 9-1 para calcular la ganancia diferencial con $x = 30$ unidades IRE e $y = 40$ unidades IRE.
6. Calcular la frecuencia de la señal vídeo de cada línea de exploración de la señal de ventana de la figura 9-12.

PREGUNTAS ESPECIALES

1. ¿En qué se diferencia la carta de ajuste de barras de color estándar EIA de la producida por un generador de barras de los colores del espectro (arco iris) convencional?
2. ¿Ha visto Vd. alguna vez la VITS en la pantalla de un receptor de televisión? ¿Cómo aparecía?
3. Describir algunas de las cartas de ajuste difundidas por las estaciones de televisión.
4. ¿Por qué son más importantes la buena resolución y la linealidad en la cámara de televisión que un receptor de TV?

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE PRUEBA

9-1 **a.** Vertical
b. 400
c. 10
d. Buen entrelazado

9-2 **a.** Vertical
b. 280
c. 3 MHz

9-3 **a.** F (falso)
b. V (verdadero)

9-4 **a.** Figura 9-3
b. Oscilación transitoria

9-5 **a.** F
b. V

9-6 **a.** Barras cruzadas
b. Cámara
c. 2%

9-7 **a.** 69 unidades
b. ±31 o 62 unidades
c. Ciano
d. 103°

9-8 **a.** 100
b. 26,65 μs
c. Falsa imagen

9-9 **a.** Uno
b. 0,25 μs
c. 4 MHz
d. Alta

9-10 **a.** 7,5
b. 40
c. 2,5%

9-11 **a.** Tres
b. Línea 10

9-12 **a.** 17 y 18
b. 17
c. 4,2 MHz

9-13 **a.** VITS y VIRS
b. 19
c. VIRS

9-14 **a.** F
b. V
c. F

10

Grabadores de videocinta y videodisco

La videograbación ha llegado a ser una de las aplicaciones más importantes de la televisión. Las señales de vídeo se graban o registran en cinta magnética, lo mismo que la señal de sonido se graba en cintas de audio y también se graban en disco de plástico análogos a los discos gramofónicos. La grabación de videocinta (VTR) es popular porque se pueden efectuar las propias grabaciones de imagen y sonido para un programa y reproducirlas mediante el receptor de TV. Sin embargo, el videodisco del tipo de usuario sólo es para reproducción.

La grabación de cinta para el equipo de teledifusión, se puede hacer en carretes abiertos o con cassette. Para el equipo de usuario lo más común es el videograbador de cassette (VCR) a causa de que no hay que ensartar manualmente la cinta (fig. 10-1). La cassette puede ser grabada o bien reproducida en sentido directo y luego rebobinada hasta el principio, lo mismo que las cassettes de audio, pero, en las videocassettes no se pueden invertir las caras y su tiempo de utilización es normalmente 2, 4, 6 u 8 horas (h).

Para el equipo VCR hay dos sistemas diferentes comunes. Uno es el formato de Betamax utilizado por Sony. El otro es el sistema de vídeo doméstico (VHS) utilizado por la mayoría de fabricantes. Los dos sistemas son similares pero no compatibles. Ambos utilizan cintas de 1/2 pulgada. En las siguientes secciones se explican más detalles:

10-1 Requisitos de la videograbación

Lo mismo que en la grabación de audio, en la videograbación la información de señal se almacena en la cinta o en el disco. Pero la videograbación presenta más problemas. Primero, la señal vídeo es de banda ancha, lo que significa que la relación entre la frecuencia más alta y la frecuencia más baja es muy grande. En las videofrecuencias de 30 Hz a 4 MHz, el margen de la frecuencia de señal es aproximadamente 17 octavas. Cada octava significa una duplicación de la frecuencia y este margen de frecuencia aún no incluye la componente de c.c. de la señal vídeo, que indica el brillo medio. Ningún sistema de grabación podría abarcar un margen tan enorme de frecuencia de señal. El máximo margen es de aproximadamente 10 a 13 octavas.



(a)

(b)

(c)

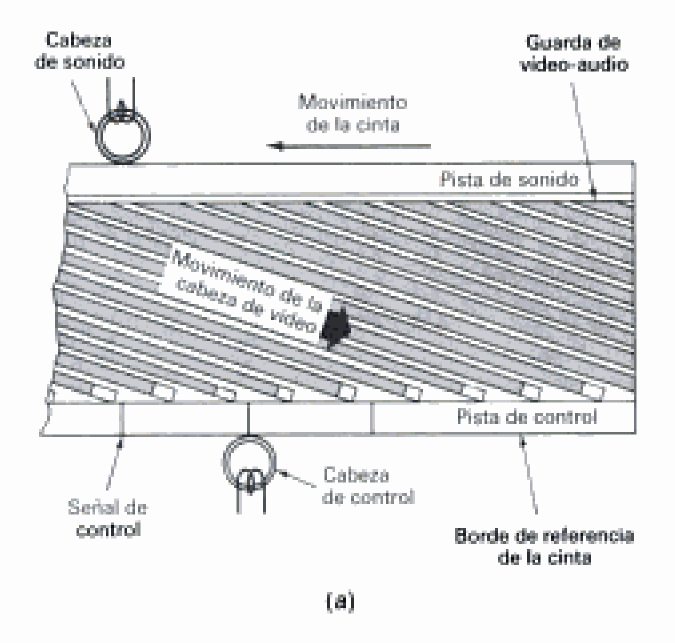
Fig. 10 - 1. Grabadores de videocassette. (a) VCR Panasonic que utiliza el formato VHS. (b) VCR Sony que emplea el formato Betamax. (c) Videocassette para cinta de media pulgada (vista por debajo). La tapa frontal se mantiene abierta para que se vea la cinta. Tamaño de 7 3/8 × 4 1/4 pulgadas (187,3 × 108 mm).

Registro de FM. Sin embargo, el problema del ancho de banda se solventa haciendo que la señal vídeo module una señal portadora de frecuencia más alta para el registro de la señal. Por ejemplo, se pueden utilizar 3,5 MHz para la onda portadora modulada. Ésta está modulada por la señal de luminancia *Y* y no por la señal de croma. Generalmente, el ancho de banda de luminancia está limitado aproximadamente a 2,5 MHz. En la señal portadora modulada las bandas laterales se extienden desde 1 hasta 6 MHz. Estos valores son iguales a 3,5 ± 2,5 MHz. El margen de frecuencia de 6:1 es menor que 3 octavas, o sea, 8:1, que es práctico para el registro. Se utiliza modulación de frecuencia. Obsérvese que esta técnica de modulación hace innecesaria la polarización de c.a. separada que se necesita en el registro de sonido.

Cabezas giratorias. ¿Cómo se pueden utilizar para el registro tales frecuencias tan elevadas, del orden del megahercio? Este problema se solventa girando las cabezas del grabador de videocinta. En lugar de que la cinta se desplace muy rápidamente para las altas frecuencias, la cabeza de grabación gira a alta velocidad. La cinta se mueve realmente muy lentamente, pero la velocidad relativa entre el entrehierro de la cabeza y la cinta, llamada *velocidad de escritura*, limita la frecuencia más alta para el registro.

Inclinación de las pistas. El tiempo de reproducción debe ser largo para que se puedan grabar los programas de televisión en múltiplos de 1 hora sin que se necesite demasiada cinta. Esta característica se consigue utilizando el registro de *exploración helicoidal* o de *pistas inclinadas*.

Se hace que la cinta cruce el entrehierro oblicuamente, en lugar de paralelamente. Entonces la grabación magnética se efectúa en caminos diagonales a través de la cinta. En cada pista diagonal hay una señal vídeo correspondiente a un



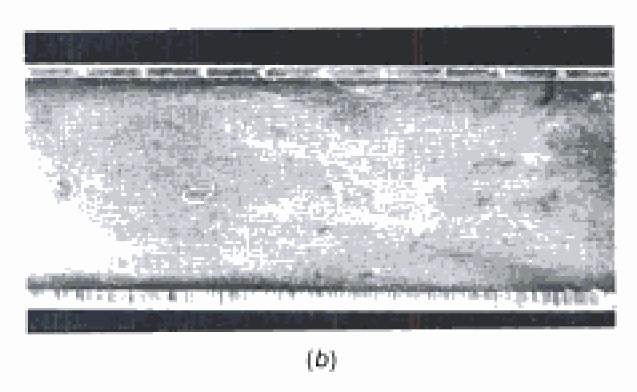

(b)

Fig. 10 - 2. Estándar EIAJ para cinta de 1/2 pulgada en videograbadores. (a) *Pistas inclinadas para la señal vídeo, con las pistas de audio y de control en los bordes de la cinta.* (b) *Fotografía del registro magnético real en la cinta. Obsérvese el pequeño ángulo de las pistas inclinadas. (De "Videocassette Recorders" por* G.P. McGinty, McGraw-Hill Book Company, New York, 1979.)

campo de exploración vertical. Dos de estas pistas constituyen un cuadro de televisión. La figura 10-2 ilustra las pistas diagonales de la señal vídeo en la cinta. La señal de audio se registra en el borde superior de la cinta y en la misma dirección que ella. A lo largo del borde inferior la pista de control proporciona las señales de referencia de temporización o sincronización para la reproducción.

Servocontroles. La técnica de registro de vídeo requiere un control preciso. Los motores tienen servocontroles para monitorar el desplazamiento de la cinta y la velocidad de giro de la cabeza. Recuérdese que las frecuencias de exploración *V* y *H* exactas en televisión en color son 59,94 y 15.734,26 Hz respectivamente.

La humedad es un inconveniente a causa de que aumenta la fricción sobre la cinta. Algunas máquinas VCR tienen un interruptor automático cuando la humedad es demasiado elevada.

Conexiones VCR al receptor de TV. La señal de antena para el receptor es encaminada primero al VCR. Éste tiene su propio sintonizador RF y su propia sección de FI. En el VCR las señales RF de imagen y la señal de sonido asociada son convertidas a las de vídeo y de audio de la banda base, respectivamente, para el registro. El receptor de TV puede estar conectado o desconectado.

En la reproducción, el VCR tiene un modulador que sitúa a las señales de vídeo y de audio en la frecuencia portadora RF de los canales 3 o 4. Un conmutador manual incorporado en el modulador VCR da acceso al canal que no se utilice en la difusión de TV. Por tanto, el receptor de TV se ajusta para los canales 3 o 4 durante la reproducción de VCR.

La figura 10-3 ilustra más detalles de las conexiones del VCR. Todos los jacks de entrada y salida son para cable coaxial de 75 Ω. Aquí sólo se describe la operación VHF, pero para los canales de UHF hay los correspondientes caminos de señal.

Consideremos primero el caso de señal de antena para los canales VHF, sin televisión por cable. La entrada de antena se conecta al jack de entrada de VHF en el VCR. Con cable bifilar de 300 Ω se utiliza un balun para su acoplamiento al jack coaxial de 75 Ω. Los bifurcadores o divisores del VCR proveen caminos paralelos para las señales que van al sintonizador VHF del televisor y al sintonizador de VHF del VCR. En la grabación, el sintonizador VCR y la sección FI suministran las señales de banda base de vídeo y audio para que sean registradas en la cinta.

En la reproducción, las señales de vídeo y audio grabadas en la cinta van al modulador en el VCR. El modulador suministra las señales RF portadora de imagen y sonido al receptor de TV en los canales 3 o 4. El conmutador S_1, que forma parte del modulador, puede conmutar cualquiera de estos dos canales. Además, el conmutador S_2 incorporado en el VCR se pone en la posición VCR

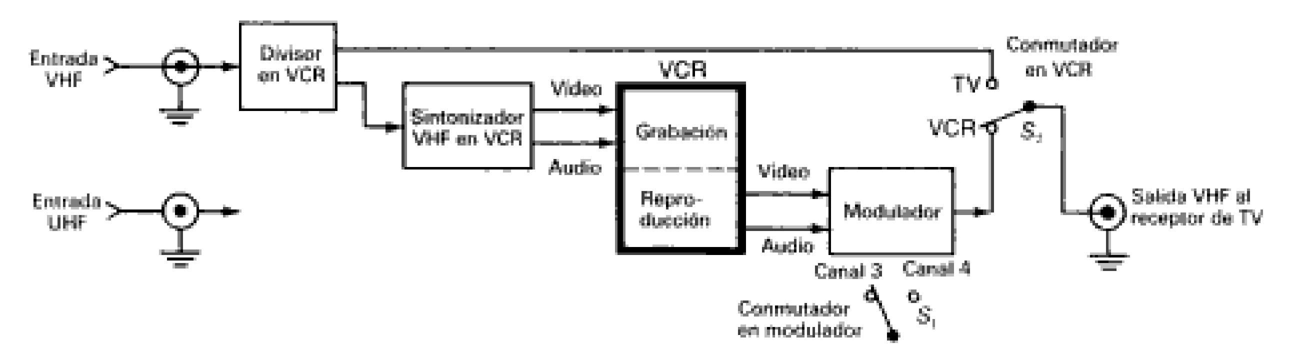


Fig. 10 - 3. Conexiones para el videograbador de cassette y el receptor de TV. El sintonizador VCR y el divisor son duplicados para los canales de UHF.

correspondiente a la reproducción. El conmutador S_2 existente en el panel frontal del VCR es análogo a un conmutador A-B; hace posible elegir la señal de reproducción o la señal de entrada de antena. Desde S_2, la señal de reproducción va al jack de salida, que está conectado por un cable a los terminales de entrada de antena del televisor. Aquí también puede ser necesario un balun.

De esta manera se puede grabar cualquier canal seleccionado por el sintonizador de VCR. El receptor puede ser conectado o desconectado al mismo canal para monitorar la grabación o bien se puede vigilar un canal mientras se graba un programa en otro canal. En la reproducción, el receptor debe estar conmutado en los canales 3 o 4 con S_2, en la posición VCR.

En el caso de TV por cable, que tiene una caja separada de convertidor en el receptor, son posibles diferentes métodos de instalación. Se puede conectar el VCR en el camino de la señal después del convertidor de cable, o bien se puede grabar cualquiera de los canales de cable. El canal seleccionado por este convertidor de cable va al VCR. Entonces el sintonizador de VCR debe estar conmutado en el canal 3 o 4, de acuerdo con la salida del convertidor de cable. Con este método, la salida del VCR va a los terminales de antena del receptor. Sin embargo, un inconveniente es que no se puede observar más programa que el grabado en el propio canal.

Otro método consiste en conectar el VCR en el camino de señal antes del convertidor de cable. La línea de entrada de cable va al jack de entrada del VCR para VHF, y la salida del VCR va a la entrada del convertidor. En este caso, se puede grabar uno de los canales seleccionados por el sintonizador del VCR, y también se puede grabar un programa mientras se sigue otro programa en otro canal.

Preguntas de prueba 10-1
Respuestas al final del capitulo

Contestar verdadero o falso.

a. El margen de 30 a 240 Hz es 3 octavas.
b. Para las señales vídeo no se puede utilizar la modulación de frecuencia.
c. En la grabación de vídeo se mueven simultáneamente la cinta y el entrehierro de la cabeza.
d. El VCR y el receptor de TV deben estar funcionando en el mismo canal durante la grabación.

10-2 Grabación y reproducción de la cinta

Referencia a la figura 10-4 para repasar lo concerniente a la grabación de cinta. La cabeza de grabación es un electroimán. Tiene un núcleo de alta permeabilidad sobre el cual está devanada una bobina para la corriente de señal. Para el registro se alimenta una corriente de señal en la bobina con el fin de magnetizar la cinta. En la reproducción la cinta en movimiento induce una señal débil en la bobina. Esta bobina tiene muchas espiras de hilo fino. Su núcleo está fabricado con material de ferrita que tiene una permeabilidad magnética muy elevada. La cabeza completa mide aproximadamente 1/8 × 1/16 de pulgada (3,2 × 1,6 mm).

El entrehierro es una capa muy delgada de dióxido de silicio, que es un vidrio. Su reluctancia magnética es muy alta, lo cual significa que su permeabilidad es baja.

Las líneas magnéticas de fuerza pueden atravesar la cinta magnética mucho más fácilmente que el entrehierro. La anchura normal del entrehierro en los videograbadores es sólo de 0,3 a 0,6 μm (1 μm = 10^{-6} m). Pero 0,6 μm es igual a 24 millonésimas de pulgada.

La cinta es de acetato recubierto con partículas finas de material magnético tal como óxido férrico con impurezas de cobalto (Fe_2O_3) o de dióxido de cromo (CrO_2). La cinta de cromo requiere un campo magnético más fuerte.

El entrehierro no magnético de la cabeza descansa contra la superficie de la cinta perpendicularmente a la dirección de la trayectoria de su desplazamiento. A causa de su alta reluctancia, el entrehierro hace que las líneas magnéticas de fuerza producidas por la cabeza se ramifiquen en el superficie de la cinta. De esta manera, la cinta queda magnetizada con las variaciones de la señal. Al proceso se le denomina *inducción magnética*. La magnetización es retenida en la cinta para almacenar la información de señal.

Longitud de onda registrada. La dirección del campo magnético inducido en la cinta tiene el mismo sentido que el desplazamiento de la cinta, o bien el sentido contrario. Este efecto está ilustrado por flechas opuestas sobre la cinta en la figura 10-4*a*. Las de sentidos contrarios corresponden a las polaridades opuestas de la señal de magnetización indicadas en la parte superior de la ilustración. La frecuencia de la señal que aquí se utiliza es 1 Hz. Un ciclo completo de la corriente de registro es, pues, de 1 s.

Supongamos que la cinta se mueve a la velocidad de 15 pulgadas por segundo (ips). Entonces

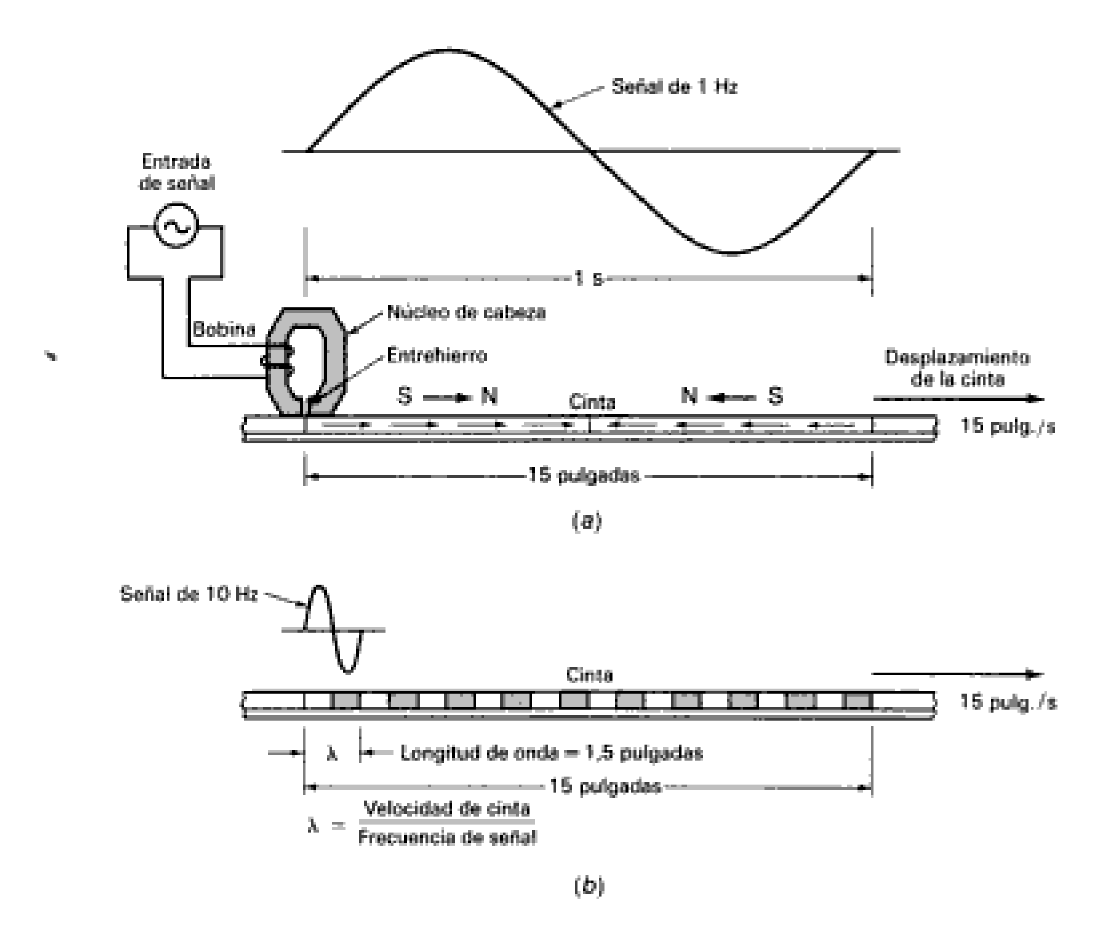


Fig. 10-4. La longitud de onda λ que puede ser registrada depende de la velocidad de la cinta y de la frecuencia de la señal. (a) *La cinta se desplaza frente al entrehierro.* (b) *Señal grabada en cinta magnética ilustrada para la frecuencia de 10 Hz.*

un ciclo completo de la figura de magnetización en la cinta, con polaridades opuestas, se producirá en 15 pulgadas de la cinta. Esta figura está ilustrada por las flechas dirigidas hacia la derecha en una mitad de la distancia de la cinta y por las flechas hacia la izquierda en la otra mitad.

El resultado de esta frecuencia de 1 Hz es que ante el entrehierro de la cabeza se desplazan 15 pulgadas de cinta en el tiempo de un ciclo de la señal. Esta distancia de la longitud de la cinta ocupada por un ciclo completo de magnetización se denomina *longitud de onda registrada* λ. En este ejemplo, $\lambda = 15$ pulgadas.

Cuando aumenta la frecuencia de la señal, la longitud de la onda registrada se acorta. En la figura 10-4*b* la frecuencia de la señal aumenta hasta 10 Hz. Ahora sólo pasan ante el entrehierro de la cabeza 1,5 pulgadas de cinta en el tiempo de un ciclo, con la misma velocidad de 15 pulgadas por segundo. Con $\lambda = 1{,}5$ pulgadas, el resultado será 10 longitudes de onda en la cinta, como indican las áreas sombreadas.

La longitud de onda registrada aumenta también cuando aumenta la velocidad de la cinta. Entonces se puede desplazar más cinta a través del entrehierro en un ciclo de la señal. Para calcular la longitud de onda registrada,

$$\lambda = \frac{s \text{ (velocidad de cinta)}}{f \text{ (frecuencia de señal)}} \qquad (10\text{-}1)$$

Con f en hercios y s en longitudes por segundo, λ tiene las mismas unidades que la velocidad de la cinta. Por ejemplo, en la figura 10-4*b*,

$$\lambda = \frac{s}{f} = \frac{15 \text{ ips}}{10 \text{ Hz}} = 1{,}5 \text{ pulgadas}$$

Otro ejemplo puede ser el de los grabadores de cassette de audio con una velocidad de cinta de 1,875 ips. Para una frecuencia máxima de registro de 12.000 Hz, la mínima longitud de onda registrada es

$$\lambda = \frac{s}{f} = \frac{1{,}875 \text{ ips}}{12.000 \text{ Hz}}$$

$$= 0{,}000156 \text{ pulgadas}$$
$$= 0{,}156 \times 10^{-3} \text{ pulgadas}$$
$$= 0{,}156 \text{ mil (milipulgadas)}$$

Es importante el valor más pequeño de λ porque limita la respuesta en alta frecuencia. Una longitud de onda más corta que la anchura del entrehierro ya no podría ser reproducida. En la práctica, la más corta λ registrada debe ser aproximadamente igual al doble de la anchura del entrehierro de la cabeza.

Respuesta de frecuencia en la reproducción. Cuando son reproducidas las señales registradas en la cinta, la tensión de salida de la cabeza aumenta con frecuencias más altas. La razón es que la tensión inducida en el arrollamiento de la bobina varía con la velocidad de cambio del flujo. Las frecuencias más altas producen mayor velocidad del cambio. Este efecto es una aplicación de la ley de Faraday de la tensión inducida. Las características de la tensión inducida se aplican a la reproducción, pero no al registro o grabación.

Si se hiciera la grabación de la cinta con frecuencias de señal que variasen desde 0 Hz, o corriente continua, hasta alguna alta frecuencia, entonces la salida de tensión de la cabeza variaría como muestra el gráfico de la figura 10-5. La salida es 0 V en 0 Hz porque no hay cambio de flujo con corriente continua. El efecto corresponde a la misma razón por la que un transformador no se puede acoplar a una tensión de c.c. Con frecuencias más altas, la tensión de salida aumenta uniformemente, de modo directamente proporcional a la frecuencia. El nivel de salida de la cabeza es del orden de milivoltios. Cuando la frecuencia se multiplica por dos, la tensión de salida se duplica. Recuérdese que un margen de frecuencia de 2:1 es 1 octava. Además, la duplicación de la tensión es igual a 6 dB. Por tanto, la curva aumenta con una pendiente de 6 dB por octava.

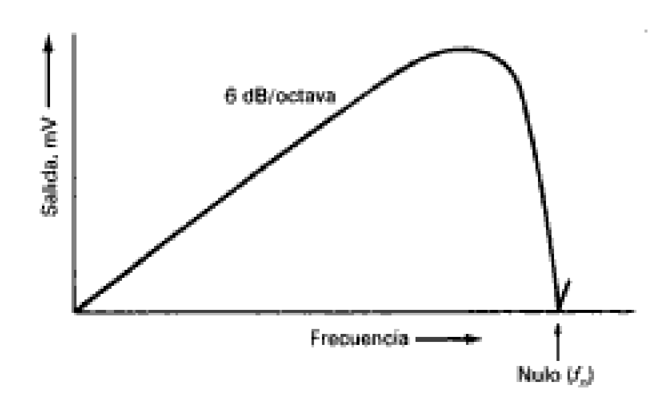


Fig. 10 - 5. Gráfico de la tensión de señal de salida desde la cabeza en función de la frecuencia de la señal para reproducción de la cinta.

Entrehierro de la cabeza y longitud de onda registrada. Sin embargo, la curva de respuesta de frecuencia no aumenta indefinidamente. Alcanza su valor de pico o máximo con la máxima tensión de salida y luego disminuye hasta anularse. El *nulo* o cero práctico de salida ocurre en la frecuencia en que la longitud de onda registrada es precisamente igual a la anchura del entrehierro de la cabeza. Para esta frecuencia, el entrehierro queda cubierto por la longitud de onda total de la señal en la cinta. Resultan dos áreas de polaridades magnéticas iguales y opuestas. Los efectos magnéticos se cancelan, de lo que resulta una salida nula.

La relación entre el entrehierro de la cabeza y la longitud de onda registrada establece un techo de la respuesta de alta frecuencia en la grabación de la cinta. Para solventar este problema se pueden adoptar dos métodos. Uno es hacer que el espesor del entrehierro sea extremadamente pequeño. Otro es aumentar la velocidad relativa entre la cabeza y la cinta. En lugar de acelerar el movimiento de la cinta, lo que se hace es girar la cabeza. La velocidad relativa de rotación de la cabeza es lo que se llama *velocidad de escritura*.

Las dimensiones del entrehierro se han reducido paulatinamente con las nuevas técnicas de fabricación de las cabezas. Se utilizan métodos de fabricación con semiconductores empleando capas delgadas de crecimiento molecular de un material inerte tal como dióxido de silicio.

Velocidad de escritura. Para aumentar la velocidad de escritura se hace que la cabeza vídeo gire frente a las secciones de la cinta a una velocidad muy alta. Una velocidad común de escritura con esta técnica de cabeza giratoria es 7 m/s. Hay que tener en cuenta que la cinta se desplaza sólo algunos centímetros por segundo.

La frecuencia más alta de señal se puede determinar ahora en términos de velocidad de escritura y de longitud de onda registrada. Los cálculos se hacen mediante la fórmula 10-1, pero para s se utiliza la velocidad de escritura en lugar de la velocidad de cinta. Además, se puede invertir la fórmula para hallar la frecuencia de señal

$$f = \frac{s \text{ (velocidad de escritura)}}{\lambda \text{ (longitud de onda registrada)}}$$

Cuando la longitud de onda registrada es igual a la anchura del entrehierro de 0,6 μm y la velocidad de escritura es 7,2 m/s,

$$f_n = \frac{7{,}2 \text{ m/s}}{0{,}6 \times 10^{-6} \text{ m}}$$

$$= \frac{7{,}2}{0{,}6} \times 10^{6} \text{ Hz}$$

$$= 12 \text{ MHz}$$

Esta frecuencia de 12 MHz se designa f_n a causa de que estará en el punto nulo de la curva de respuesta de la figura 10-5. El pico de la curva de reproducción ocurre en aproximadamente 0,5 f_n, ya que el gráfico está trazado en escala logarítmica para el eje horizontal. Para 0,5 f_n la frecuencia es igual a 6 MHz. Por tanto, la rápida velocidad de escritura producida por la cabeza giratoria permite un ancho de banda suficiente para grabar las señales vídeo del orden de megahercios.

Hay que tener en cuenta otros factores que afectan a la respuesta en alta frecuencia. Normalmente, las corrientes parásitas o corrientes de Foucault y la histéresis del núcleo magnético producen pérdidas en alta frecuencia. Otro problema en la grabación de altas frecuencias es el efecto de autoborrado en el dominio magnético de la cinta.

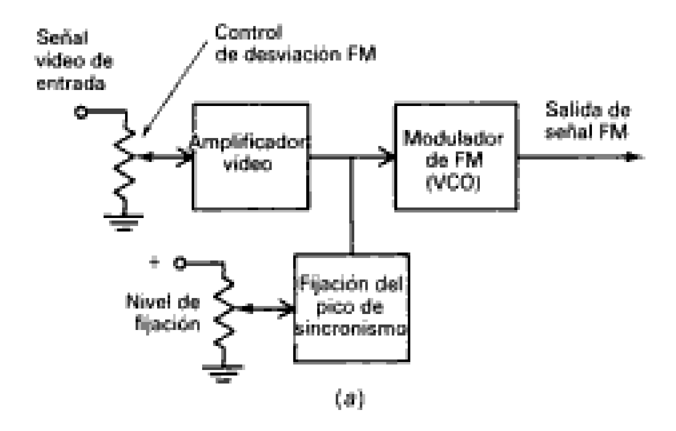
Preguntas de prueba 10-2
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Qué es no magnético: el núcleo de la cabeza, el entrehierro o la cinta?
b. ¿Se mejora la respuesta en alta frecuencia con un entrehierro más delgado, o con un entrehierro más grueso?
c. ¿A cuántas octavas equivale un margen de frecuencia de 4:1?

10-3 Modulación del VCR para la señal de luminancia

La señal vídeo de luminancia con información en blanco y negro se convierte en señal de frecuencia modulada para la corriente de registro. Como ilustra la figura 10-6*a*, el circuito FM utiliza un oscilador controlado por la tensión (VCO). La tensión de la señal vídeo hace que la frecuencia del oscilador varíe y produzca la salida de la señal FM. Los resultados están indicados en el gráfico de frecuencias de la figura 10-6*b*.

Consideremos las frecuencias indicadas para el sistema Betamax. El pico de sincronismo de la



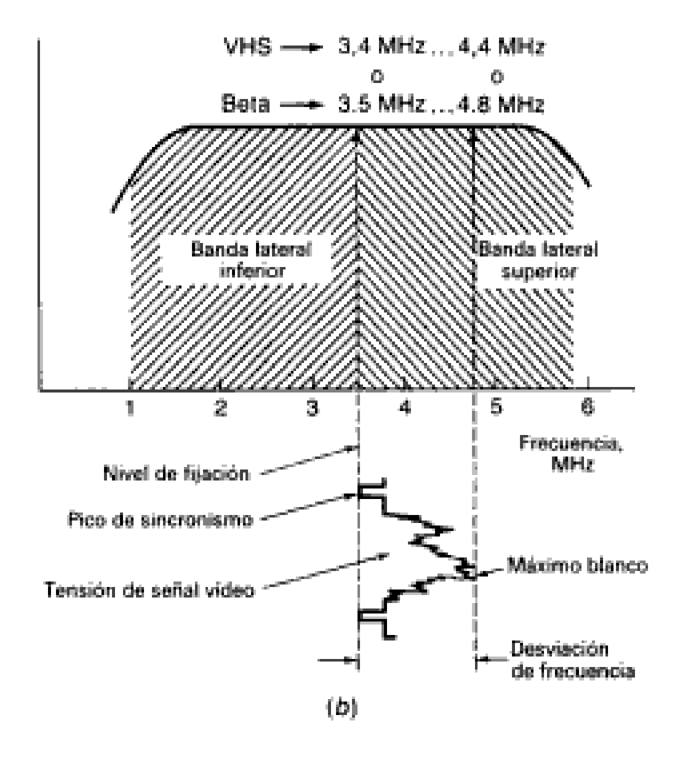


Fig. 10 - 6. Sistema FM para la grabación de la señal de luminancia. (a) Circuito de modulación de frecuencia. (b) Desviación de frecuencia en la señal FM producida por la modulación vídeo.

señal vídeo es fijado o retenido en el nivel de tensión que produce 3,5 MHz en la salida del oscilador. La tensión vídeo del blanco de pico hace que la frecuencia del oscilador se eleve hasta 4,8 MHz. La excursión total de frecuencia es 4,8 − 3,5 = 1,3 MHz.

En el sistema VHS, el pico de sincronismo produce 3,4 MHz. El blanco máximo o de pico hace que la frecuencia aumente hasta 4,4 MHz. Esta excursión de frecuencia es 4,4 − 3,4 = = 1,0 MHz. El principio del uso de la señal FM de grabación es esencialmente el mismo en los sistemas Betamax y VHS, pero las frecuencias son algo diferentes.

Es necesaria la modulación a fin de reducir el margen de frecuencia en octavas para el registro de la señal de luminancia. El margen desde la frecuencia más alta hasta la frecuencia más baja se reduce desde aproximadamente 17 octavas en la señal vídeo hasta menos de 3 octavas en la señal modulada para el registro.

Aunque se podría emplear modulación de amplitud, se ha elegido la FM para la señal registrada. La razón es que se puede hacer que un sistema de FM sea insensible a las variaciones de amplitud de la señal reproducida. La propia máquina del VCR inserta en la cinta la modulación no deseada de amplitud de la señal cuando reproduce una pista grabada que no es exactamente la misma que la correspondiente a la trayectoria de la cabeza de reproducción. Este efecto hace que varíe el nivel de salida de la señal reproducida. Sin embargo, los cambios de amplitud pueden ser eliminados de la señal FM reproducida.

Otra ventaja de la FM es que se puede utilizar registro por saturación. Como la distorsión de amplitud no hace que varíe la señal de FM, es posible excitar hasta la saturación la cinta magnética, en ambos sentidos, para ambas polaridades de la señal. En efecto, la señal de FM grabada es prácticamente una onda cuadrada. La grabación con saturación permite reproducir mejor la señal.

Preguntas de prueba 10-3
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. El margen de frecuencia de la señal FM registrada es aproximadamente 10 octavas.
b. Para la grabación o registro de vídeo es mejor la FM que la AM.
c. En los sistemas VHS y Betamax, para la grabación se modula la señal de luminancia.

10-4 Sistema infracolor para la señal de croma

El sistema infracolor se utiliza en las máquinas de VCR para solventar el problema llamado *error*

de base de tiempos, que tiene un efecto drástico sobre el color. Estos errores están originados por factores mecánicos que producen variaciones de la velocidad de escritura de la cabeza sobre la cinta. Una causa es la vibración longitudinal de la propia cinta, debida a la fricción creada por el roce de la cinta contra las guías fijas o estacionarias. Este efecto causa extensión y contracción de las señales registradas. Entonces las referencias de la base de tiempos no son exactamente las mismas para el registro y la reproducción.

El error de base de tiempos produce pequeños cambios en la temporización de la deflexión. En la imagen reproducida aparecen pequeñas bandas, o sinuosidades en las barras verticales, pero el mayor efecto del error de base de tiempos se manifiesta en el color. Las alteraciones de la frecuencia y de la fase de la señal subportadora de croma se traduce en una pérdida de sincronismo de color y errores de fase que son causa de bandas de color en la imagen.

Conversión descendente de la frecuencia en el registro. La solución que se ha encontrado para el problema del error de la base de tiempos ha sido la técnica de infracolor para la señal de croma de 3,58 MHz. Estas frecuencias son reducidas por heterodinaje a frecuencias inferiores para la grabación. Luego son elevadas hasta las frecuencias originales en la reproducción. El sistema de infracolor se utiliza para las máquinas domésticas de VCR pero no es necesario en el equipo del estudio.

La disposición para la conversión en sentido descendente de las frecuencias de croma está ilustrada en la figura 10-7. En la etapa de mezclador, el efecto de heterodinaje o batido es análogo al que ocurre en un receptor superheterodino. En el mezclador las señales son las bandas laterales de la señal de croma de 3,58 MHz y la salida de onda continua (CW) del oscilador local. Consideremos una frecuencia del oscilador de onda continua de 4,21 MHz para el sistema VHS. La diferencia de frecuencia correspondiente a 3,58 MHz es igual a 629 kHz aproximadamente. Además, las frecuencias de banda lateral de croma situadas ±0,5 MHz alrededor de la señal subportadora se convierten en bandas laterales de ±500 kHz alrededor de la frecuencia subportadora inferior de 629 kHz. En consecuencia, la banda de frecuencias de salida de la señal de croma del mezclador como convertidor descendente es de 129 a 1129 kHz. El circuito de salida de sincronismo del mezclador tiene un filtro que sólo deja pasar estas frecuencias inferiores de croma en la grabación. La señal de croma con la frecuencia ya reducida es aplicada a las cabezas de registro en paralelo con la señal FM de luminancia de alta frecuencia para grabar en la cinta ambas señales de luminancia y de crominancia.

La señal de croma con frecuencia reducida a una nueva frecuencia más baja es registrada de la misma manera que una señal audio en un magnetófono o grabador de cinta audio. No hay modulación. En efecto, la señal FM de luminancia sirve como polarización de c.a. en el registro de la señal

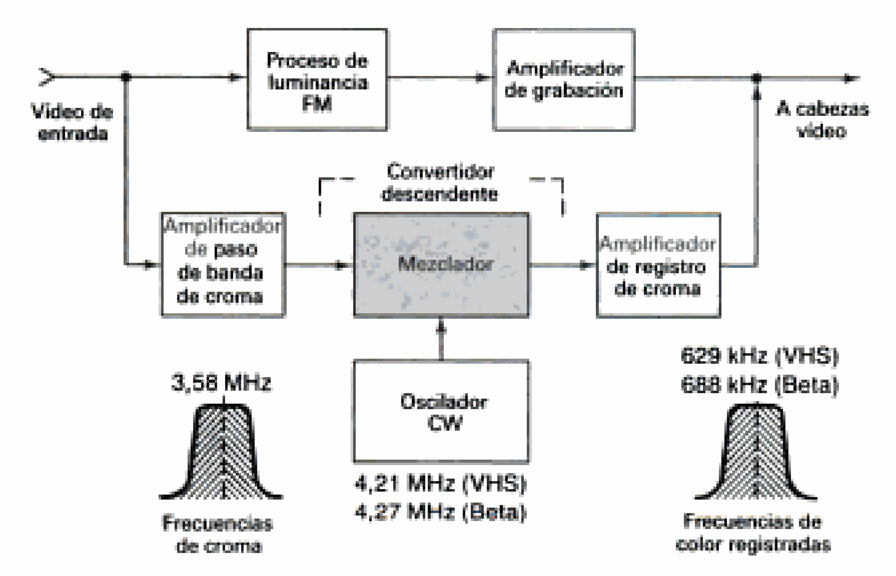


Fig. 10 - 7. Circuitos para proceso infracolor. La señal de croma de 3,58 MHz es convertida a frecuencias inferiores para la grabación.

de croma, para minimizar la distorsión de amplitud en la cinta. La señal FM tiene una frecuencia más alta y un nivel constante, tal como se requiere para una polarización c.a.

El mismo principio se aplica en el sistema Betamax pero con frecuencias ligeramente diferentes. Aquí 688 kHz corresponden a la subportadora de color de 3,58 MHz. El margen de las frecuencias de color está en la banda de ±500 kHz, desde 188 a 1188 kHz.

Es interesante observar que el sistema infracolor hace que las frecuencias de croma sean inferiores a la frecuencia de la señal FM de luminancia. En el sistema normal de vídeo colorplexado, la frecuencia de 3,58 MHz de la señal de croma es más alta que las frecuencias de la señal de luminancia.

Conversión ascendente de la señal en la reproducción. El proceso heterodino es invertido en la reproducción, como muestra la figura 10-8, para elevar la frecuencia de la señal infracolor hasta 3,58 MHz. Estos circuitos están en la parte inferior de la ilustración. En la parte superior, es procesada la señal de luminancia con detección FM para recuperar la señal original vídeo de luminancia. Finalmente, las señales de luminancia y de croma se combinan en una etapa sumadora para proveer la salida deseada de la señal vídeo colorplexada.

Consideremos los valores correspondientes al sistema VHS con 629 kHz como frecuencia infracolor correspondiente a 3,58 MHz. La señal de reproducción de las cabezas vídeo es de 629 kHz para el color. Esta señal es separada por un filtro de paso bajo en el regenerador de onda continua (CW). La señal de CW del oscilador es nuevamente de 4,21 MHz. En consecuencia, la frecuencia de la señal infracolor es elevada hasta sus precedentes 3,58 MHz, que es la frecuencia central en la señal de croma. También son elevadas las frecuencias de banda lateral de croma.

Cancelación del error de base de tiempos. La conversión en los sentidos ascendente y descendente de frecuencia es sólo una parte del proceso mediante el cual se evita el error de la fase de tiempos. La clave del problema estriba en el método utilizado para regenerar la señal de onda continua (CW). En la reproducción, se genera la señal de CW como un múltiplo de la frecuencia de sincronismo horizontal tomada de la cinta. Esta señal de CW tiene todos los componentes de fluctuación de la señal de reproducción. Cuando la señal de CW es heterodinada con la de reproducción, las dos frecuencias varían aumentando o disminuyendo la misma cantidad. Por tanto, la diferencia de frecuencia no es afectada por las pequeñas variaciones de la frecuencia o de la fase de la señal reproducida.

El sistema no es perfecto porque todavía está sometido a errores de sincronismo de color y

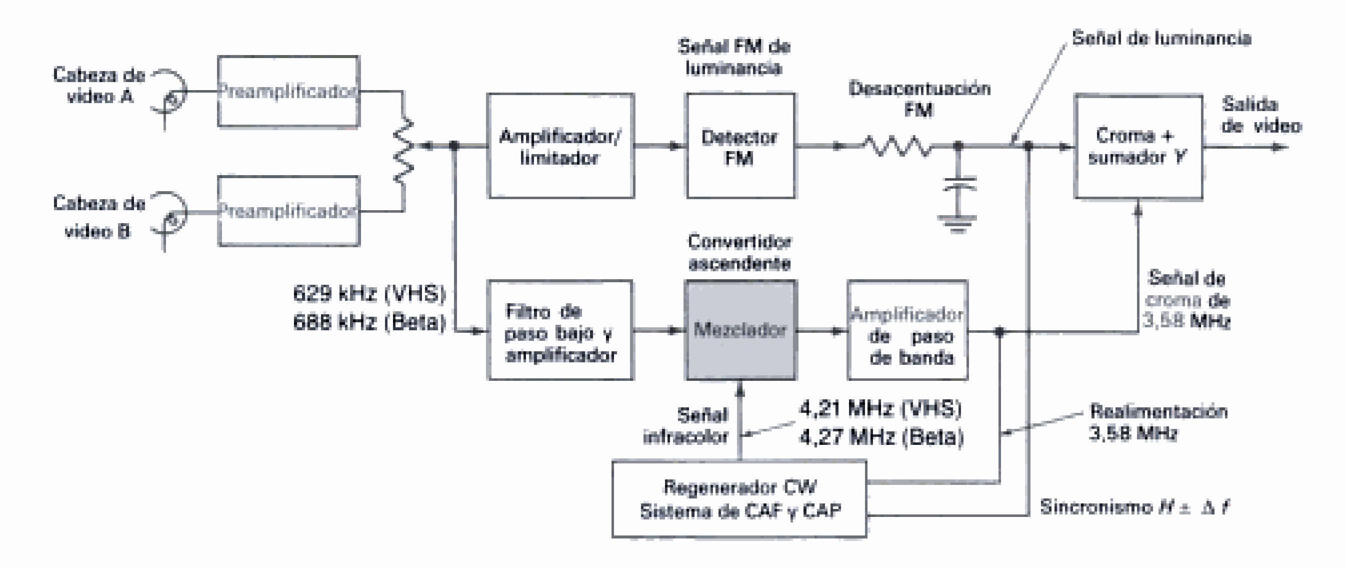


Fig. 10 - 8. Circuitos para la conversión ascendente de la señal de croma en la reproducción, con sistema infracolor para la grabación.

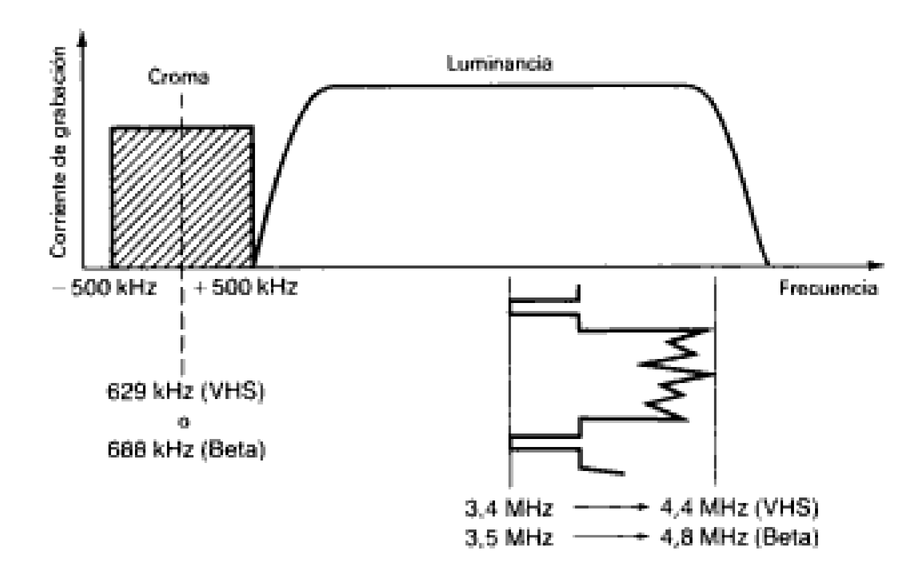


Fig. 10 - 9. Frecuencias utilizadas en el VCR para la señal infracolor y la señal FM de luminancia.

otros factores que influyen en la regeneración de la señal de CW. Sin embargo, el método proporciona una buena calidad de la imagen para el tipo de VCR doméstico.

Señales combinadas de color y luminancia. Las frecuencias combinadas para la señal infracolor y la señal FM de luminancia están representadas en la figura 10-9, que resume el sistema de VCR para el registro. El ancho de banda total es de 1 a 6 MHz aproximadamente, incluyendo las bandas laterales de la señal de luminancia modulada en frecuencia. En el lado de baja frecuencia se utiliza un filtro que proporciona una hendidura en el espectro de las frecuencias infracolor.

La señal infracolor es grabada directamente en la cinta, sin modulación, conjuntamente con la señal FM de luminancia. Además, la señal de luminancia proporciona polarización de c.a. de alta frecuencia para el registro de la señal de color.

Las frecuencias más bajas para el registro están en la señal infracolor, en aproximadamente 129 o 188 kHz. Estas frecuencias no crean problemas con las cabezas giratorias. Las más altas son de 5 a 6 MHz en la señal FM de luminancia. Determinan la velocidad de escritura necesaria para el entrehierro de la cabeza giratoria.

Preguntas de prueba 10-4
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál de las dos es grabada como señal FM: la de luminancia o la de croma?

b. ¿700 kHz es la frecuencia de una señal infracolor o de una señal de luminancia?

c. En el sistema VHS ¿a qué frecuencia de infracolor corresponden 3,58 MHz?

d. ¿Cuál es la frecuencia más alta que puede ser reproducida en un VCR normal?

10-5 Conjunto de cabezas giratorias y tambor

En la figura 10-10 está representada la disposición básica para la exploración helicoidal de la cinta. Ésta es arrastrada alrededor de un conjunto cilíndrico llamado *tambor de cabeza* o *explorador*. La parte superior de este conjunto es un tambor giratorio que tiene dos cabezas en los lados opuestos. Sin embargo, la sección inferior del tambor está fija y tiene un reborde que guía la cinta hacia abajo cuando sale del tambor. La cinta está en contacto con el tambor durante algo más de 180 °.

Donde entra y sale la cinta del tambor hay guías cilíndricas estacionarias cuidadosamente situadas e inclinadas, las cuales hacen que la cinta se desplace hacia abajo cuando entra en contacto con el tambor y la dirige horizontalmente cuando sale. Éstas son las guías de entrada y salida.

La parte superior del tambor gira en sentido sinistrorso, como muestra la figura 10-10. Arrastra dos cabezas de grabación de vídeo montadas en la parte inferior de la parte giratoria del tam-

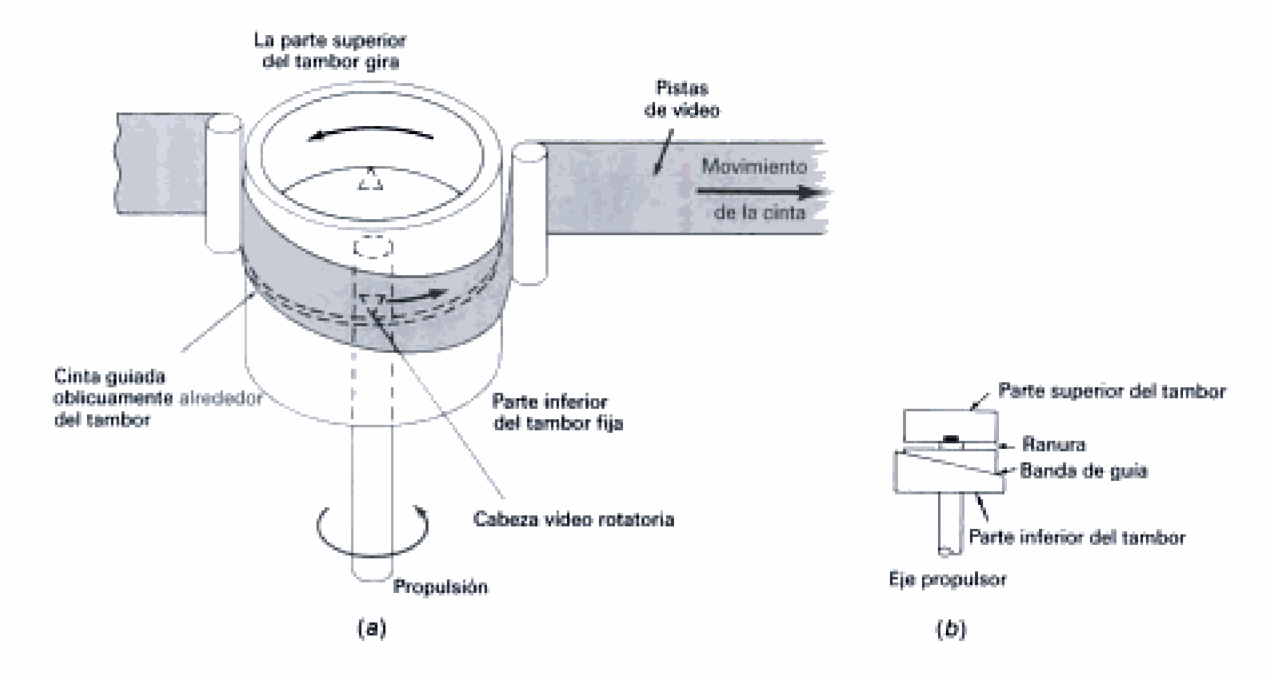


Fig. 10 - 10. Sistema de exploración helicoidal. (a) *Cinta contra la cabeza giratoria.* (b) *Detalles del tambor.*

bor. Las cabezas de registro están separadas precisamente 180°, o sea, están diametralmente opuestas y sobresalen ligeramente para presionar en la superficie de la cinta.

Pistas inclinadas. Como la cinta está inclinada hacia abajo en contacto con el tambor, cada cabeza de vídeo hace contacto con la cinta inclinada transversalmente. Cada pasada se inicia cerca del borde inferior de la cinta y termina cerca del borde superior. Como la trayectoria de grabación es una hélice, este sistema se llama de *grabación helicoidal* o *de cinta inclinada*. Las pistas inclinadas de la cinta están ilustradas en la figura 10-2.

Un campo de TV por pasada de cabeza. La mayoría de máquinas de exploración helicoidal graban un campo vertical completo en el tiempo que dura cada pasada de una cabeza vídeo. Cada cabeza está en contacto con la cinta durante media revolución. Así son grabados los dos campos de un cuadro completo de televisión en una rotación completa del conjunto del tambor.

Las cabezas alternan en la grabación de los campos secuencialmente. Como la mitad de una revolución dura aproximadamente 1/60 s por cada campo, una revolución completa dura 1/30 s. La velocidad de giro es de 30 revoluciones por segundo (rps), o $30 \times 60 = 1.800$ rpm para el explorador de la cabeza del tambor.

Solapamiento en la grabación. La señal a registrar se aplica a ambas cabezas. En algunos casos, la señal de registro es simplemente aplicada a las dos cabezas en paralelo. El registro se produce realmente por la cabeza que está en contacto con la cinta. En la siguiente semirrevolución la otra cabeza registra el campo siguiente. Sin embargo, la cinta está en contacto con el tambor explorador algo más de 180°. En consecuencia, hay un corto período en que ambas cabezas están en contacto con la cinta y, entonces, registran la misma información. Este solapamiento ocurre al principio de la pasada de cada cabeza y al final de la pasada de la otra. El período de solapamiento del doble registro dura aproximadamente +3 y −3 líneas horizontales, lo que es indicado por $3H$ en la figura 10-11.

Conmutación de las cabezas en la reproducción. Cuando es reproducida la cinta, las señales de las dos cabezas están separadas eléctricamente y cada una excita su preamplificador de bajo ruido. A causa del solapamiento en la grabación, son producidas las señales de reproducción duplica-

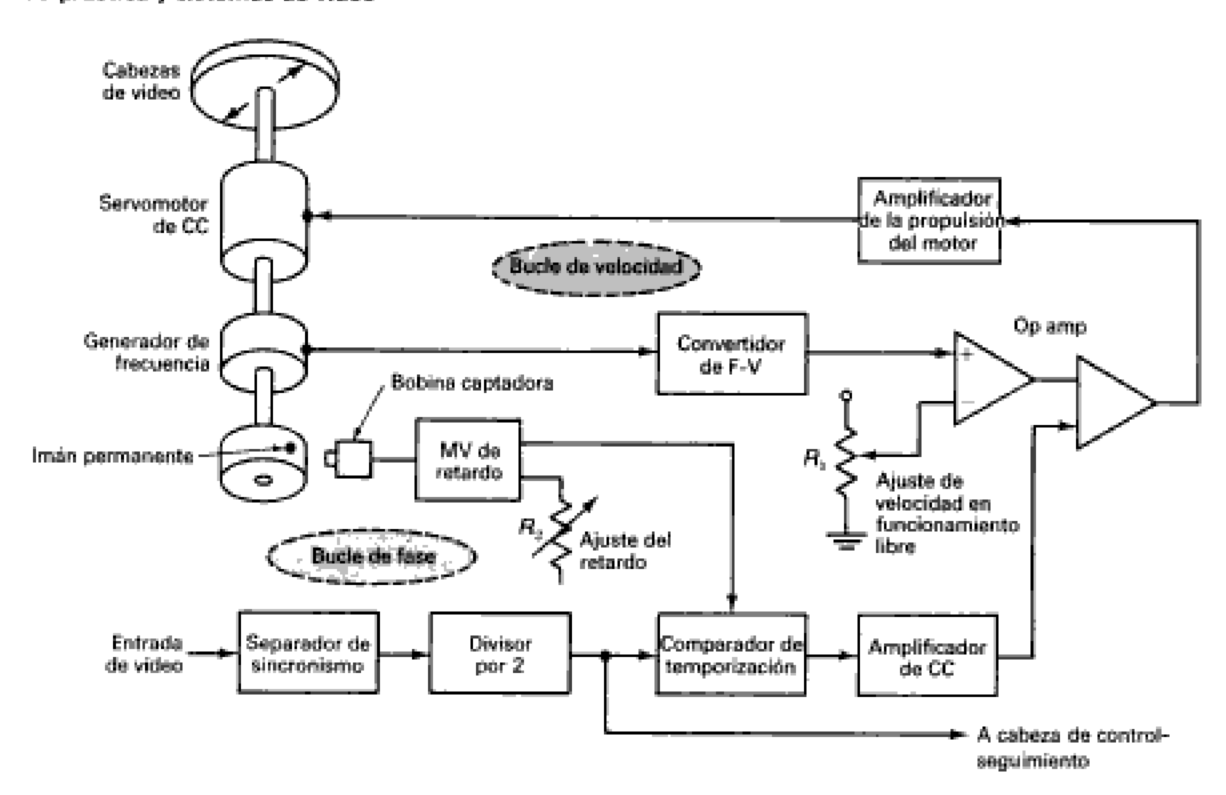


Fig. 10 - 13. Servosistemas básicos para la velocidad y la fase del explorador en el modo de grabación.

nente incrustado en el volante del motor, como en la figura 10-13. Cuando el imán pasa ante una bobina captadora estacionaria barriéndola, se induce un impulso de tensión en la bobina. En las máquinas VHS se utilizan dos imanes separados 180°. Están polarizados en sentidos contrarios para producir impulsos positivos y negativos. Se utiliza uno de los impulsos como referencia posicional para el servobucle de fase. Además, se utilizan ambos impulsos para la conmutación de las cabezas descritas (figura 10-11).

La figura 10-14 muestra una forma de onda típica de la bobina captadora. La posición de la bobina se ajusta de modo que el impulso se genere ligeramente adelantado, antes del punto de sincronismo *V*. Entonces se puede ajustar por R_2 el multivibrador de retardo (MV) para variar la temporización sin que sea necesario ningún ajuste mecánico de la bobina captadora.

Temporización del comparador. La temporización de comparación entre el sincronismo *V* y el impulso de la bobina captadora se efectúa ordinariamente por un circuito llamado *puerta de muestreo y retención*. Su función está ilustrada en la figura 10-15. El impulso separado de sincronismo *V* dispara a un generador de rampa de tensión. El flanco de subida de la tensión diente de sierra es alimentado al interruptor electrónico S_1, pero este interruptor sólo está cerrado cuando tiene aplicada la salida del impulso estrecho del conformador de impulsos, retardada con respecto a la salida del de la bobina captadora. Durante el breve intervalo en que está cerrado el interruptor, la tensión de rampa carga al condensador de salida C_1 cualquiera que sea la tensión de rampa que esté presente en el instante de muestreo. Cuando el interruptor está abierto, sin impulso de muestreo, el condensador está aislado sin camino de descarga. Por tanto, C_1 retiene la tensión de muestreo hasta que ocurre el siguiente impulso de muestreo. La tensión de salida es esencialmente un valor de c.c. de la tensión de corrección para el motor del explorador.

Como ejemplo de control de fase, supongamos que la cabeza vídeo de referencia está entrando en su posición, pero con retardo. Entonces también está retardado el impulso de la bobina de captación. La rampa de tensión en el comparador de temporización es muestreada con retardo, cuan-

separada a lo largo del borde inferior de la cinta llamada *pista de control*. Es necesaria esta pista para la reproducción porque también es necesario que la cinta se desplace a la misma velocidad exactamente que cuando fue grabada.

La señal de la pista de control es registrada por una cabeza estacionaria en el lado de salida del explorador, en un punto anterior al de aquel en que la cinta es arrastrada por un sistema de rodillo prensor de cabrestante. La figura 10-16 muestra un conjunto típico. El cabrestante tiene un cilindro metálico liso que gira para mover la cinta. El rodillo prensor mantiene la cinta contra el cabrestante para desplazarla a velocidad constante.

El conjunto de cabeza estacionaria también incluye la cabeza de grabación de sonido. La señal de sonido es grabada a lo largo del borde superior de la cinta. El sonido se graba de manera convencional, lo mismo que en los grabadores de cinta de audio o magnetófonos.

La pista de sonido y la pista de control están situadas longitudinalmente a lo largo de los bordes superior e inferior de una cinta de 1/2 pulgada, como se muestra en la figura 10-2. Entre ellos están las tiras o franjas diagonales de la señal vídeo registrada.

Impulso CTL. Durante el proceso de grabación, es aplicada a la cabeza de la pista de control (CTL) una muestra de la onda rectangular de 29,97 Hz que ha sido generada en el circuito de sincronismo vertical. Este impulso es grabado en



Fig. 10 - 16. El apilamiento de las cabezas estacionarias incluye las cabezas de sonido y de pista de control.

la pista de control en el instante preciso en que la cabeza vídeo de referencia está registrando el sincronismo vertical en la señal vídeo FM procesada. En la reproducción, la CTL capta este impulso para el servo del cabrestante. El sistema está ilustrado en la figura 10-17, con la CTL y el motor del cabrestante representado en la parte superior.

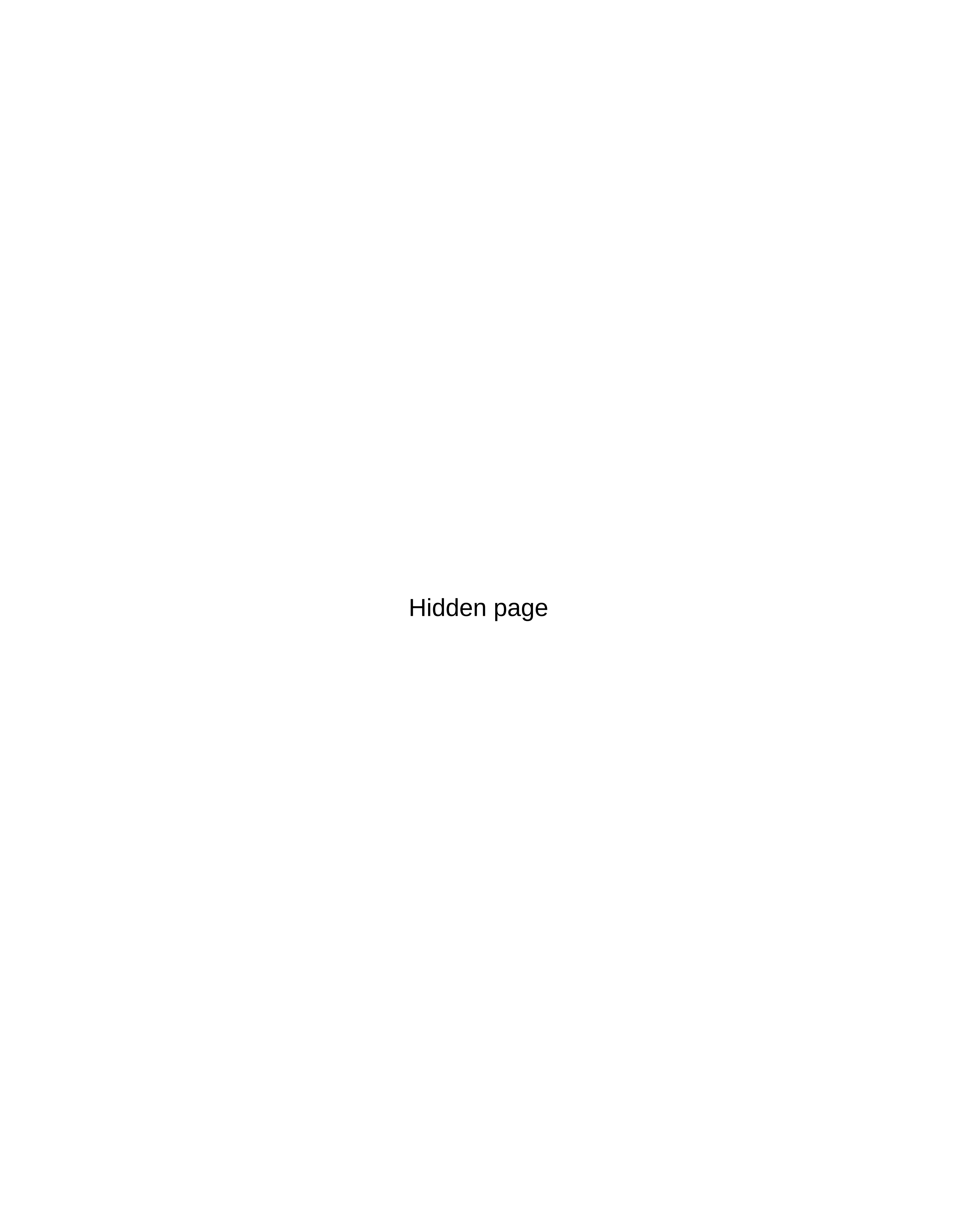
Servosistema de cabrestante. Durante la reproducción, se debe utilizar una referencia de temporización separada e independiente para los servosistemas de explorador y cabrestante. La referencia independiente, generalmente de 29,97 Hz, es una señal generada por un contador digital descendente con un oscilador de cristal separado de 3,579545 MHz. La referencia común de temporización es alimentada al explorador y al servosistema de cabrestante.

Se puede considerar que la acción de regulación tiene lugar en las etapas siguientes. Primero, el explorador sincroniza la referencia de cristal, poniendo la cabeza vídeo de referencia en la posición angular correcta para la reproducción de la señal grabada. Además, un comparador de fase incorporado en el servosistema de cabrestante compara este mismo impulso de 29,97 Hz con el impulso de la CTL de reproducción. Cuando la comparación de fase es correcta, el comparador indica que la pista vídeo pregrabada está posicionada con precisión alrededor del explorador. Cuando el impulso CTL está retardado, actúa el servosistema del cabrestante para acelerar el motor del cabrestante y colocar a la cinta de modo que la temporización sea correcta. Con un impulso de la CTL demasiado adelantado, el motor del cabrestante es retardado. El efecto global es que la cinta es arrastrada más rápidamente o más lentamente hasta que los impulsos de la CTL lleguen en el instante preciso en el cual las pistas de vídeo pregrabadas ocupen el sitio correspondiente alrededor del explorador.

El servosistema del cabrestante incluye ordinariamente dos bucles; uno es para la velocidad y el otro es para la fase, basados en los impulsos de la pista de control.

En el modo de grabación, el servo del cabrestante es justamente un controlador de velocidad. Para controlar la velocidad de la cinta se utiliza un generador interno de frecuencia que forma parte del conjunto del cabrestante.

Seguimiento en la reproducción. Un error de la temporización en la comparación de fase del servo del cabrestante en la reproducción es causa de


Hidden page

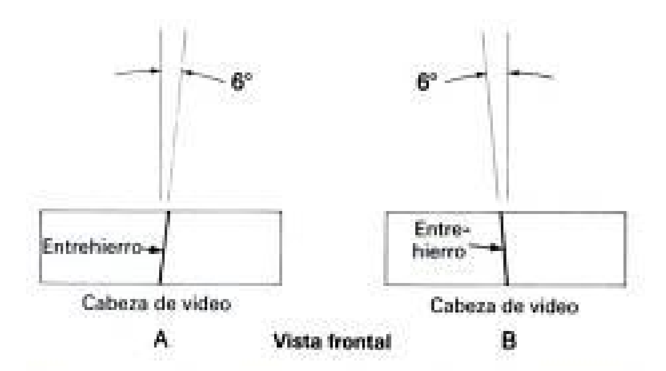


Fig. 10 - 19. El entrehierro de la cabeza está inclinado 6° en sentidos opuestos en las dos cabezas de vídeo para el sistema de banda de guarda nula en el formato VHS. La inclinación es de 7° en el formato Betamax.

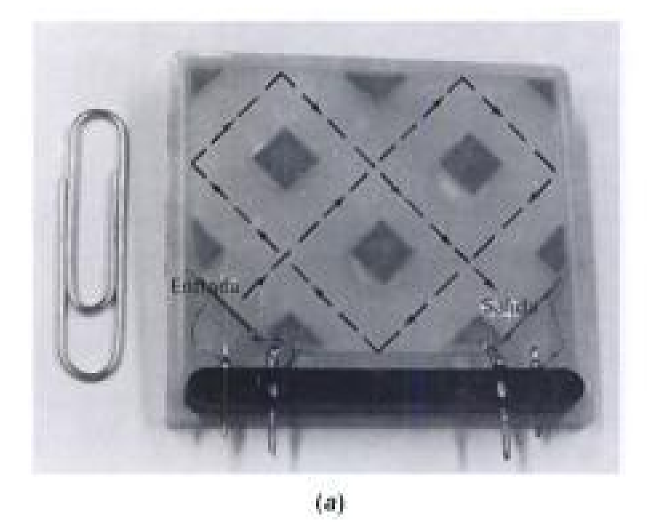
como muestra la figura 10-19 para el sistema VHS. En el sistema Betamax el ángulo es de 7°.

El ángulo total entre las cabezas es de 12° en el VHS y de 14° en el Betamax, lo cual es un error azimutal muy grande. En consecuencia, la cabeza A no reproduce las señales de alta frecuencia registradas en las pistas B y viceversa. El método es bueno para señal FM que está en el extremo alto del espectro de la frecuencia en la grabación. Estas frecuencias son del orden de megahercios. Sin embargo, el sistema apenas proporciona aislamiento entre las pistas en cuanto a las frecuencias infracolor utilizadas para la grabación de la señal de color. Estas frecuencias son aproximadamente de 629 o 688 kHz.

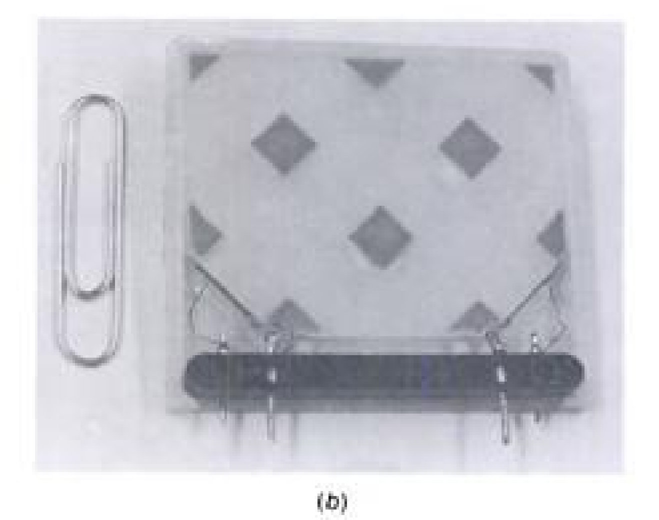
La diafonía de color se puede cancelar mediante circuitos especiales de filtro. El método está basado en las características de entrelazado de frecuencias de la señal de croma de 3,58 MHz.

Filtros de peine. El corazón del sistema de aislamiento de croma es un dispositivo llamado *filtro de peine* (comb filter) que sólo deja pasar determinadas frecuencias en múltiplos exactos. Realmente es un línea de retardo, con un tiempo de retardo de una línea completa de exploración *H* igual a 63,5 µs. Es difícil conseguir un retardo de esta longitud por medios electrónicos, por lo que la entrada es convertida por el filtro en un señal acústica que se propaga a través de un sustrato de vidrio. La velocidad de propagación es igual a la velocidad de las ondas de sonido en el vidrio. Se puede producir un tiempo de retardo largo en una unidad muy pequeña en virtud de la lenta velocidad del sonido en comparación con la velocidad de las ondas eléctricas.

La figura 10-20 muestra un filtro del tipo de peine con la cubierta sacada. Toda la unidad cabe en un cuadrado de 1/2 pulgada (12,7 mm). Contiene dos transductores sónicos en las esquinas inferiores. Uno actúa como altavoz, en la entrada, produciendo ondas supersónicas. El otro capta la señal sónica retardada y, actuando como micrófono, convierte la onda acústica en una señal eléctrica. Obsérvese que las frecuencias de las señales sónicas son mucho más altas que el margen o gama del oído humano, pero son todavía ondas de sonido.



(a)



(b)

Fig. 10 - 20. Construcción del filtro de peine. (a) Camino de la señal acústica. (b) Unidad de filtro con la tapa quitada.

El método del uso de un filtro de peine está ilustrado en la figura 10-21. En la figura 10-21*a*, obsérvense los dos caminos en paralelo para la entrada de la señal de croma. Un camino desacopla el filtro mientras el otro tiene un tiempo de retardo de 1*H* igual a 63,5 µs. Las dos señales se combinan en el punto *A* en la salida. En este punto las dos señales se pueden sumar o restar, invirtiendo los conductores en el transductor captador de salida.

Para explicar cómo funciona el sistema, recordemos algunos aspectos básicos del entrelazado de frecuencias en la señal de croma. Esta característica se explica en el capítulo 8 "Circuitos y señales de televisión en color". La señal subportadora de color es de 3,579545, o sea, un múltiplo impar de la mitad de la frecuencia de exploración *H*. Así para cualquier línea de un ciclo completo de la subportadora, la línea siguiente incluida en el mismo campo termina en un semiciclo de la subportadora. El semiciclo restante de la señal subportadora se aplica a las líneas sucesivas en cualquier campo par o impar.

Consideremos ahora el filtro de peine de la figura 10-21 en que son restadas las señales directa y retrasada. La sustracción ocurre entre la línea que está siendo explorada y la línea inmediatamente anterior. Estas dos señales de croma son de fases opuestas. La sustracción de fases opuestas significa adición de las dos señales de croma, por lo que realmente se dobla la amplitud. Sin embargo, las componentes de luminancia de la señal de croma son canceladas por sustracción.

La duplicación de amplitud de la señal de croma y la cancelación de la señal de luminancia ocurren para las componentes de la frecuencia de exploración *H* y todas las frecuencias armónicas. En consecuencia, la respuesta de frecuencia es como muestra la figura 10-21*b*, por lo cual a este filtro se le denomina del tipo de peine. Esta respuesta hace también que el filtro sea adecuado para separar la señal de croma de la señal de luminancia en los receptores de televisión.

Cancelación de la diafonía de color. Para utilizar el filtro de peine en el VCR, se le coloca después

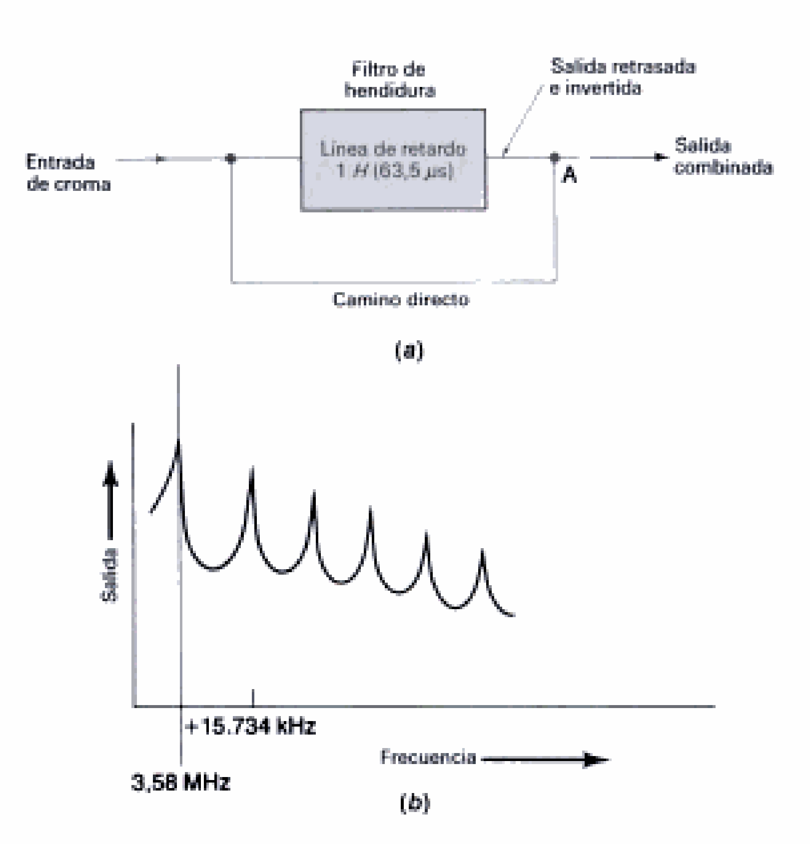


Fig. 10 - 21. Efecto del filtro de peine. (a) *Disposición del circuito con dos caminos para la señal de croma.* (b) *Respuesta de frecuencia en el punto A para salida combinada.*

Al insertar la cassette se abre la tapa anterior de ésta para exponer la cinta a la máquina. La carga o enhebrado se hace en la máquina sacando un bucle o lazo de cinta y adaptándolo en la trayectoria correcta. Se puede usar un motor separado de c.c. para tirar del bucle de cinta. En algunas máquinas se utiliza un acoplamiento mecánico con el motor del cabrestante para cargar la cinta.

El recorrido de la cinta es el mismo para la grabación que para la reproducción. Al final, la cinta es rebobinada ya que no se puede volver del revés el cartucho. Para finalizar la operación se vuelve a guiar hacia atrás el lado de cinta en el cassette para desenhebrarla. Empujando el botón de eyección es accionado el carrete receptor para absorber la flojedad del lazo. Entonces se puede sacar la cassette.

Como muestra la figura 10-22, la cassette tiene dos carretes. La cinta se desplaza desde el carrete emisor situado a la izquierda hasta el carrete receptor situado a la derecha. Cada extremo de la cinta está fijado a su carrete respectivo.

Obsérvense dos pilares de guía en el interior de la cassette a la entrada y a la salida. Sigamos el recorrido de la cinta cuando salga del carrete suministrador o emisor. La cinta rodea parcialmente una espiga fija de guía, luego un pilar o polo de tracción y otro pilar de guía emisor. El pilar de tracción presiona la cinta extendida entre las dos guías fijas. Cuando aumenta la tracción de la cinta, el pilar se mueve ligeramente hacia la derecha para ejercer menos tensión. Aunque aquí no está representado, el pilar de tensión está montado en un brazo articulado sensible que forma parte de un servosistema electromecánico. Este brazo regula la tracción de retención hacia atrás de acuerdo con la longitud de cinta que haya en el carrete emisor.

Luego a lo largo de la trayectoria de la cinta hay una cabeza de borrado de pista completa. Todas las señales anteriores de la cinta son borradas antes de la grabación. La cabeza de borrado es excitada durante el modo de grabación con una señal de 70 a 90 kHz del oscilador de polarización utilizado para la grabación de audio. Esta polarización de c.a. borra la cinta completamente antes de que llegue al explorador de vídeo. Luego se puede utilizar la cinta reiteradamente para grabar diferentes programas. Sin embargo, para impedir el borrado, si se desea, se puede romper una pequeña lengüeta de plástico situada en la cara posterior de la cassette, lo mismo que en las cassettes de audio.

El rodillo de impedancia, próximo a la trayectoria de la cinta, es de diámetro grande y gira libremente. Su función es atenuar las vibraciones longitudinales antes de que llegue la cinta al explorador. Luego el rodillo de guía de emisión cambia la dirección de la cinta en el pilar o polo inclinado. Este pilar es la guía de entrada al explorador. La guía está inclinada para que la cinta se desplace hacia abajo. La cinta rodea la parte anterior del explorador (tambor giratorio). El borde inferior de la cinta sirve como posición de referencia apoyándose en el reborde de precisión maquinado en la superficie del conjunto explorador inferior. Aunque en el dibujo no está representado, el propio explorador está inclinado, por lo que la cinta se mantiene casi horizontal o paralela al chasis.

La cinta sale del explorador en la guía de salida, rotulada pilar inclinado receptor en el dibujo. Luego la cinta cambia el sentido en el rodillo de guía receptor retrocediendo hacia el carrete receptor en la cassette. Después la cinta pasa ante un conjunto de dos cabezas estacionarias.

La primera es la cabeza de borrado de audio, sólo para la pista de sonido. Su finalidad es permitir el *doblaje* de audio en la cinta. Este doblaje es un nuevo material de sonido, tal como un comentario o música, que puede ser añadido a un programa de vídeo previamente grabado.

La segunda cabeza estacionaria tiene dos partes. La parte superior es una cabeza de grabación y reproducción del sonido asociado con la imagen. En la parte inferior está la cabeza de grabación y reproducción de control para los impulsos de control.

En la trayectoria de la cinta hay, a continuación, un pilar de guía receptor que ajusta la posición de la cinta frente a las cabezas estacionarias. La



Fig. 10 - 23. Grabador de videodisco. (RCA.)

Preguntas de prueba 10-10
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.
a. El sistema CED está basado en las variaciones de capacidad.
b. El sistema VHD requiere un haz de luz láser.
c. Las máquinas de videodisco se utilizan generalmente para reproducción, pero no para la grabación.

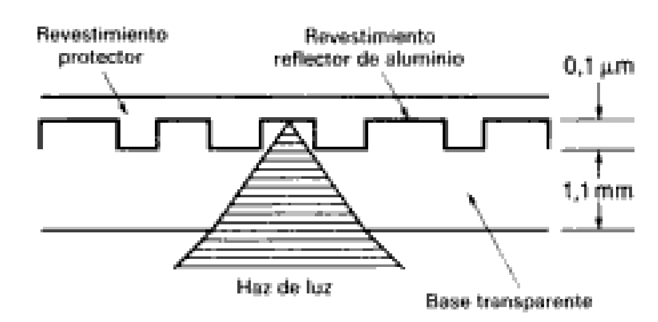


Fig. 10 - 24. El disco óptico de vídeo es explorado por el haz de luz láser desde abajo.

10-11 Discos ópticos

El disco óptico utiliza la luz reflejada por los hoyos microscópicos en la superficie, que corresponden a las señales de vídeo y de sonido. Los hoyos son grabados y luego recubiertos con un reflector de aluminio cuando se fabrican. En la reproducción, el haz láser es reflejado desde el fondo del disco para proveer la información de señal correspondiente a las variaciones de los hoyos, como ilustra la figura 10-24.

Haz de luz láser. La fuente de luz es un láser de helio-neón que trabaja en una longitud de onda de 632×10^{-9} m, en el espectro de la luz roja. Se utiliza un haz de láser porque produce la luz en un haz muy estrecho o agudo, con polarización específica de su campo electromagnético. La salida del láser es *fasecoherente*, lo que significa que todas sus componentes de frecuencia están en fase. En virtud de estas características, el haz láser se puede controlar mucho mejor que la luz ordinaria.

La palabra *láser* es una abreviatura de *l*ight *a*mplification by *s*timulated *e*mission of *r*adiation (amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación). En la fuente de láser los átomos de neón son excitados para radiar luz en una determinada frecuencia. La potencia es baja, por lo que el láser es seguro, no peligroso.

Disco óptico. En el disco óptico no hay surcos; en vez de ellos, el disco está impreso con hoyos microscópicos de pistas en espiral desde el centro activo hasta el borde exterior. Cada una de las espirales tiene sólo 0,4 μm de ancho y están separadas entre sí 1,6 μm. La profundidad y la separación de los hoyos es controlada con mucha precisión para que se mantengan constantes. La anchura y la separación de los hoyos cambian con las variaciones de señal. Toda la superficie tiene un recubrimiento metálico que puede reflejar la luz. Finalmente, es aplicada una base transparente para proveer una capa protectora (fig. 10-24).

La profundidad de los hoyos es igual a un cuarto de longitud de onda de la luz roja láser. Así la luz reflejada desde el fondo del hoyo tiene un desplazamiento de ida y vuelta igual a media longitud de onda. En consecuencia, la luz reflejada desde el hoyo está desfasada 180° con respecto a la luz emitida por la superficie lisa. Este sistema provee dos valores distintos para la cantidad de luz reflejada.

La velocidad del disco se ajusta para la reproducción de un cuadro completo, o dos campos, en una revolución. Así el disco gira a 30 rps, o $30 \times 60 = 1800$ rpm. Una característica adicional es que en el borrado vertical hay grabada información codificada de una trama particular.

Técnicas de modulación. Lo mismo que en las máquinas de VCR, la señal vídeo del disco está modulada en frecuencia para reducir el margen de octava. La señal FM es producida antes del proceso de fotograbado que crea el disco maestro. A causa de la alta densidad de ubicación de hoyos que es posible en los discos, se pueden utilizar frecuencias altas para la señal de FM.

La figura 10-25 ilustra la técnica de modulación de frecuencia. En la 10-25*a* está representado el espectro de FM para la señal vídeo de modulación, incluyendo la señal de croma de 3,58 MHz. El pico del impulso de sincronismo hace que el oscilador modulado funcione en 7,6 MHz. El blanco de pico excita al modulador de frecuencia hasta 9,3 MHz. La diferencia pico a pico de frecuencias es, pues, $9{,}3 - 7{,}6 = 1{,}7$ MHz.

La señal de croma de 3,58 MHz es una parte de la señal vídeo compuesta aplicada al modulador. El procesado infracolor de las máquinas VCR no

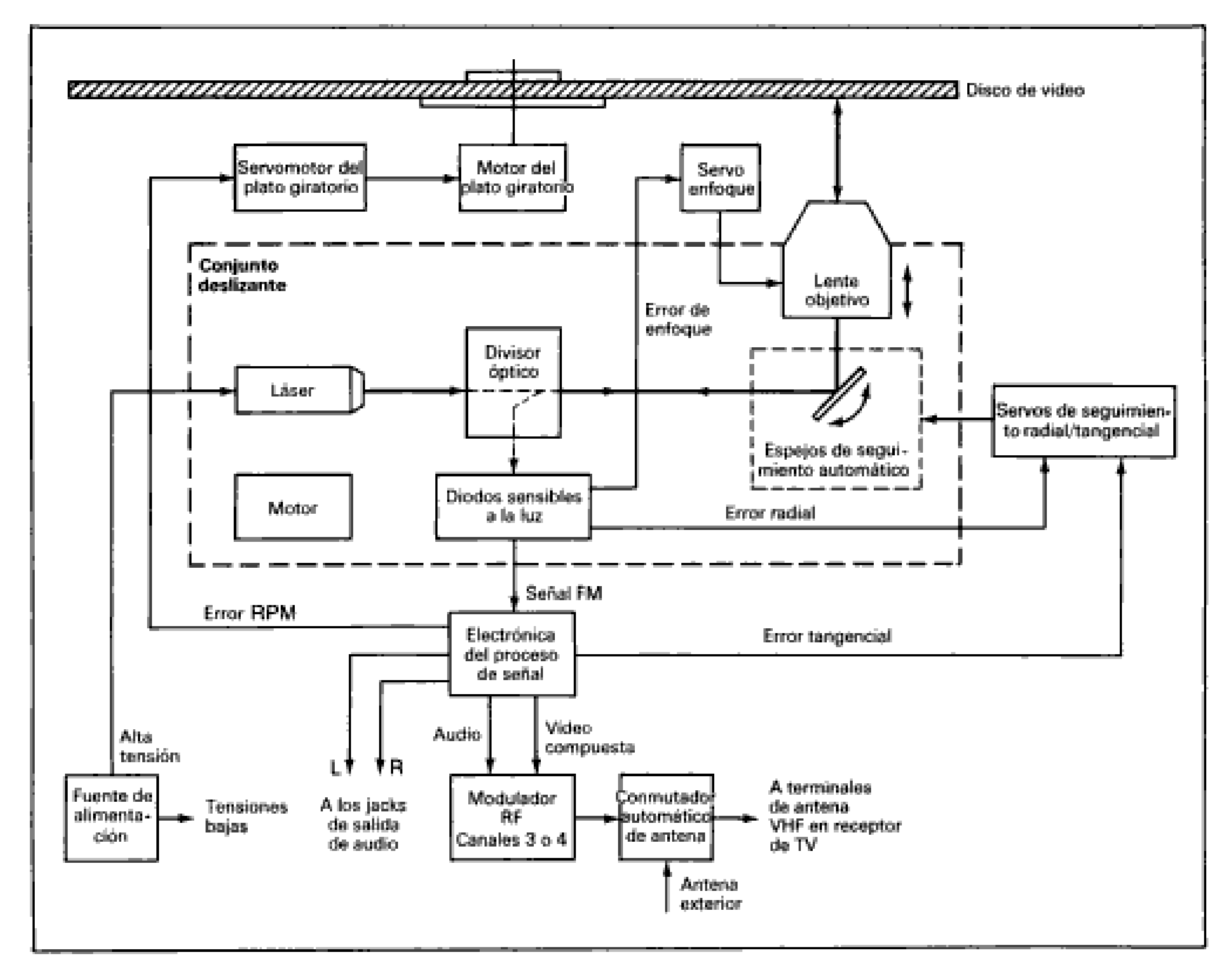


Fig. 10 - 26. Diagrama de bloques básico del grabador de videodiscos Magnavox VH-8000.

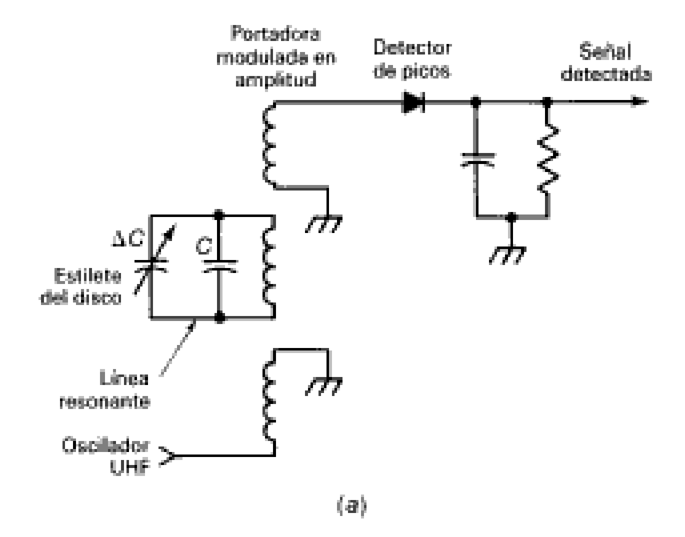
seguimiento. La luz enfocada en el disco tiene polarización circular, en un sentido. La luz reflejada tiene polarización circular en sentido contrario. Esta polarización se cambia a horizontal en los diodos sensibles a la luz que producen la señal de salida.

Finalmente, los circuitos de procesado electrónico convierten la señal FM reproducida en la salida de vídeo y audio. Luego las señales de la banda base modulan una portadora RF en los canales 3 o 4 del receptor de televisión en la reproducción. Este método de acoplamiento o interfaz con el receptor es el mismo que con las máquinas de VCR.

Preguntas de prueba 10-11
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Una fuente de láser produce emisión luminosa coherente.
b. La profundidad de los hoyos grabados varía en un videodisco óptico.
c. El proceso infracolor es necesario en la grabación óptica de videodiscos.
d. En la figura 10-25*a*, la frecuencia registrada para el nivel de borrado es 8 MHz.



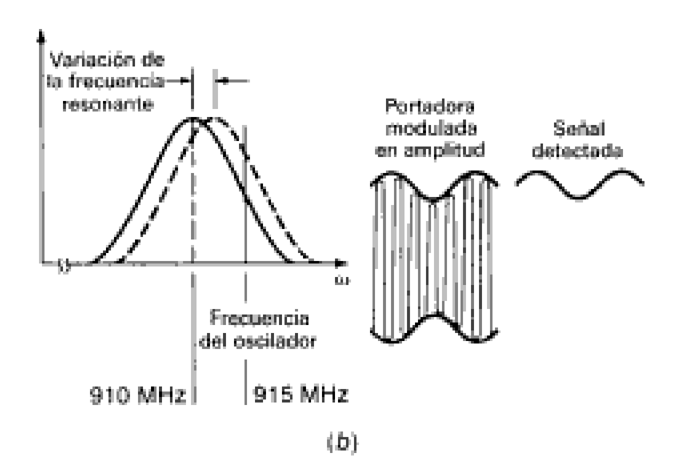


Fig. 10 - 29. Obtención de la señal reproducida por variaciones de capacidad en el sistema CED. (a) *Disposición del circuito.* (b) *Curva de respuesta de frecuencia que muestra la pendiente de detección de la señal portadora modulada de 915 MHz.*

La frecuencia resonante del circuito sintonizado varía cuando cambia la capacidad del estilete. Entonces la salida del oscilador de 915 MHz está en puntos diferentes de la curva de respuesta, con las amplitudes más altas o más bajas. En efecto, la acción proporciona la detección por pendiente de una señal FM. De esta manera, los cambios de frecuencia de la señal grabada se convierten en cambios de amplitud. Luego un simple detector a diodo recupera la información de la señal contituida por las variaciones de amplitud de la envolvente en la señal portadora de 915 MHz.

Velocidad del disco CED. El disco RCA almacena ocho campos en cada rotación del disco. Así la velocidad de giro es $60/8 = 7{,}5$ rps, o $7{,}5 \times 60 = 450$ rpm. La rotación del disco está provista por un motor multipolar de histéresis sincronizado a 450 rpm por la frecuencia de la línea de distribución de energía.

Seguimiento. Los minúsculos surcos, aproximadamente 10.000 en cada pulgada, no permiten la suficiente presión lateral para guiar al estilete. En vez de esto, el pickup es soportado por un brazo corto que es servoaccionado para moverse radialmente a través del disco. El motor que acciona al brazo está servocontrolado por placas sensoras situadas a cada lado del conjunto del estilete. Las placas tienen una señal de control de 260 kHz acoplada a través del terminal de salida del pickup, que se denomina *conductor volante*. Debido al servocontrol, el estilete se mantiene en el centro de los surcos.

Atasco del surco. Lo mismo que en los discos fonográficos ordinarios, un defecto de la superficie del disco puede hacer que el estilete se mantenga en un surco determinado. Para evitar este problema en el sistema CED, hay codificado un número de identificación en el borrado vertical de la señal vídeo. Este número forma parte de la señal de lectura en la reproducción. Es compara-

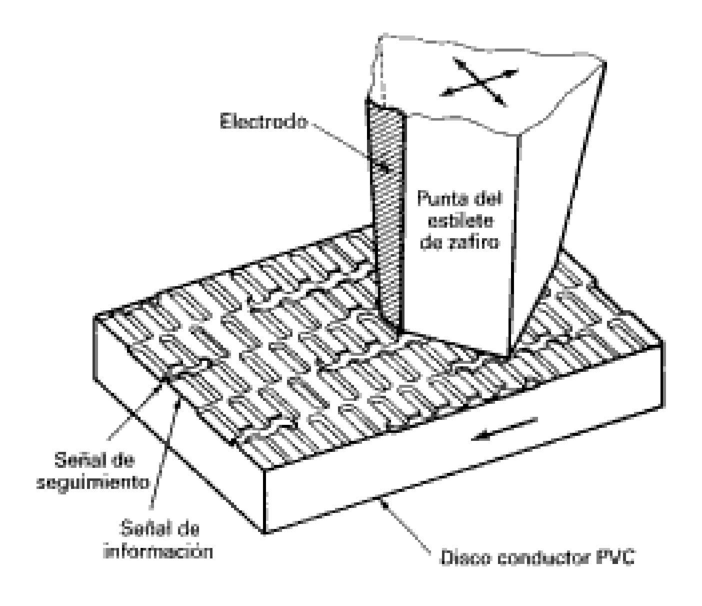


Fig. 10 - 30. Contacto entre el disco y el estilete en el sistema VHD. (JVC.)

do con un número de campo anunciado que está basado en las revoluciones del eje. La falta de acuerdo en los números activa a un sistema "lanzador" que avanza al estilete cuatro cuadros sucesivos hasta que los números de los campos se corresponden.

Sistema VHD. Japan Victor Company (JVC) ha creado una variante del disco de capacidad variable, que ha denominado sistema de muy alta densidad (VHD). El disco tiene también hoyos de profundidad variable, pero no hay surcos. Debido a esto, se puede grabar más información en pistas que están muy próximas, como muestra la figura 10-30. El estilete de diamante es muy ancho, y cubre varias pistas, pero el electrodo del pickup es suficientemente estrecho para captar señales de cada pista de la información grabada. Para guiar el estilete se utilizan señales de seguimiento en cada cara del disco.

Las señales de sonido y de vídeo están codificadas en FM a una frecuencia vídeo portadora de 6,6 MHz. El máximo tiempo de reproducción es 1 hora en cada cara. Hay dos cuadros, o cuatro campos, por revolución del disco. Así la velocidad del disco es $60/4 = 15$ rps, o, lo que es lo mismo, $15 \times 60 = 900$ rpm.

Preguntas de prueba 10-12
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Los sistemas CED y VHD utilizan ambos variaciones de capacidad para la señal.
b. Cuanto más profundo es el hoyo en un disco, mayor es la capacidad.
c. Se utiliza un sistema infracolor en el método CED, pero no para los discos ópticos.
d. La rotación del disco es de 60 rpm en el sistema CED.

RESUMEN

1. Las señales de vídeo se pueden grabar en cinta magnética o en discos de plástico. Generalmente el grabador de videocassette (VCR) se utiliza en el equipo doméstico tanto para la grabación como para la reproducción en cinta. Los discos sólo se utilizan para reproducción.
2. En las máquinas VCR los dos formatos son Betamax y sistema de vídeo doméstico (VHS). Ambos utilizan cinta de 1/2 pulgada, pero no son compatibles entre sí los dos sistemas.
3. El tiempo normal de reproducción es 2, 4, 6 u 8 h en las cassettes de vídeo. La cinta se desplaza desde el carrete emisor situado a la izquierda hasta el carrete receptor situado a la derecha.
4. Los dos tipos de discos de vídeo son los discos ópticos y los discos de capacidad. En el sistema óptico es reflejado un haz de láser en los hoyos del disco. Con el disco electrónico de capacidad (CED) un estilete lee las variaciones del hoyo como cambios de capacidad.
5. Generalmente las señales de vídeo son grabadas como modulación sobre una portadora de FM en una frecuencia más alta, con el fin de reducir el margen de octavas de frecuencia. La portadora sirve también como polarización de c.a. para la grabación de vídeo en color.
6. Las máquinas VCR utilizan grabación de exploración helicoidal o seguimiento inclinado, con pistas diagonales de la señal vídeo a través de la cinta. En la señal de sonido se utiliza una pista longitudinal a lo largo del borde superior, y a lo largo del borde inferior hay una pista de control.

3. ¿Cuántos campos de TV son registrados en una pista inclinada de la cinta? (a) 1, (b) 2, (c) 4, (d) 60.
4. Las cabezas de vídeo giran a alta velocidad para aumentar la (a) velocidad de la cinta, (b) velocidad de escritura, (c) rotación del carrete, (d) tracción de la cinta.
5. Una frecuencia normal para la señal FM de luminancia en la grabación VCR es (a) 0,1 MHz, (b) 3,5 MHz, (c) 10 MHz, (d) 680 kHz.
6. De lo que sigue, ¿qué se aplica a la técnica infracolor? (a) Las amplitudes de croma son decrecientes. (b) Las frecuencias de croma son reducidas. (c) Las frecuencias de luminancia son decrecientes. (d) Las frecuencias de croma y de luminancia son reducidas.
7. ¿Qué frecuencia de oscilador es necesaria para heterodinar 629 kHz hasta 3,58 MHz? (a) 3 MHz, (b) 4,21 MHz, (c) 6,3 MHz, (d) 10 MHz.
8. Se utiliza un filtro de peine para (a) cancelar la diafonía de croma, (b) separar el blanco del negro, (c) recortar el impulso del sincronismo de borrado, (d) separar la corriente alterna de la corriente continua.
9. Se requiere conmutar cada campo para la (a) cabeza de sonido, (b) cabeza de pista de control, (c) cabezas de vídeo, (d) cabeza de borrado.
10. Se utiliza servocontrol de velocidad y de fase para (a) la cabeza de control, (b) la cabeza de borrado, (c) la cabeza de sonido, (d) el explorador de cabezas de vídeo.
11. La parte que gira para que la cinta salga a velocidad constante es (a) la cabeza de control, (b) la cabeza de borrado, (c) la guía de entrada, (d) el cabrestante.
12. Para que la velocidad sea la misma en la reproducción y en la grabación, la velocidad de la cinta se regula por (a) la pista de sonido, (b) los impulsos de la pista de control, (c) las pistas inclinadas de vídeo, (d) la cabeza de borrado.
13. Es necesario inclinar los entrehierros de las cabezas de vídeo con los sistemas de (a) infracolor, (b) bandas de guarda nula, (c) señal FM de luminancia, (d) cintas de larga duración.
14. ¿Qué sistema utiliza un haz de luz láser para la reproducción? (a) CED, (b) VHD, (c) Betamax, (d) VLP.
15. En el sistema CED, la capacidad del disco varía con (a) la profundidad del hoyo, (b) el tamaño o diámetro del disco, (c) la velocidad de rotación, (d) la longitud de onda de la luz de exploración.

PREGUNTAS DE ENSAYO

1. Explicar brevemente cómo se conecta un VCR a un receptor de TV.
2. ¿Cuál es la finalidad de utilizar una señal de FM para la grabación de vídeo? ¿Por qué es mejor la FM que la AM para esta aplicación?
3. ¿Cuál es la finalidad de utilizar cabezas giratorias para la grabación de vídeo?
4. Definir velocidad de escritura. ¿Cuál se mueve más lentamente, la cinta o la cabeza de grabación?
5. Dar los valores típicos de (*a*) del entrehierro de la cabeza vídeo y (*b*) la velocidad de la cinta de un videocassette de dos horas de reproducción.

6. ¿Qué significa frecuencia nula f_n en la figura 10-5?
7. ¿Cuál es el margen de frecuencia de la señal FM de luminancia para la grabación en los sistemas VHS y Betamax?
8. ¿Cuál es el margen de frecuencia de la señal infracolor para la grabación de la información de croma en los sistemas VHS y Betamax?
9. ¿Cuáles son dos ventajas de la técnica de infracolor?
10. Dibujar un diagrama de las pistas grabadas en una cinta magnética para las señales de vídeo, sonido e impulsos de control.
11. ¿Cuál es la función de la pista de control?
12. Describir brevemente dos funciones del borrado en el VCR.
13. Explicar brevemente tres sistemas de servocontrol en el VCR.
14. Enumerar las funciones de las cabezas giratorias y fijas en el VCR.
15. Describir la construcción y la función del cabrestante para el desplazamiento de la cinta en el VCR.
16. Nombrar dos características de la cassette de videocinta.
17. ¿Qué significa error de sesgo en el VCR?
18. Nombrar una ventaja y una desventaja del sistema de banda de guarda nula para la grabación de vídeo.
19. ¿Qué significa cabezas inclinadas para la grabación de vídeo?
20. ¿Cuál es la finalidad del filtro de peine?
21. ¿Qué sistemas son designados por VHS, VLP, CED y VHD?
22. ¿Cuál es la característica peculiar del haz de luz láser?
23. Comparar los sistemas de disco que utilizan la reflexión de luz y variación de la capacidad.
24. Comparar los sistemas de CED y VHD para los discos de capacidad.

PROBLEMAS

Soluciones de los problemas de número impar al final del libro

1. Utilizando la fórmula 10-1 para la longitud de onda grabada, calcularla λ en metros correspondiente a una velocidad de cinta de 33,35 mm/s y frecuencia de 3,5 MHz en los videograbadores.
2. Calcularla λ en pulgadas correspondiente a una velocidad de cinta de 1 $^7/_8$ pulgadas por segundo y frecuencia de 10 kHz en los grabadores de sonido.
3. ¿Qué frecuencia corresponde a 10 octavas por encima de 30 Hz?
4. ¿Cuántas octavas hay entre 4 y 8 MHz?
5. Utilizando la fórmula 10-2 para la frecuencia nula f_n en la grabación, calcular f_n para una velocidad de escritura de 24 m/s y una longitud de onda grabada λ de $0,6 \times 10^{-6}$ m.
6. ¿Qué valor de velocidad de escritura es necesario con $\lambda = 0,6 \times 10^{-6}$ m y $f_n = 12$ MHz?
7. Calcular las frecuencias más alta y más baja para una señal subportadora en 629 kHz con un ancho de banda de ± 500 kHz.

PREGUNTAS ESPECIALES

1. ¿Cuál método cree Vd. que es mejor, el de cinta o el de discos de vídeo? Explicar brevemente la razón.
2. Nombrar una aplicación de la luz de láser que no sea la de videodisco.
3. ¿Cómo se conectarían un VCR, un reproductor de discos, y un juego de vídeo a un receptor de TV?

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE PRUEBA

10-1 **a.** V (verdadero)
b. F (falso)
c. V
d. F

10-2 **a.** Entrehierro
b. Más delgado
c. 2

10-3 **a.** F
b. V
c. V

10-4 **a.** Luminancia
b. Infracolor
c. 629 kHz
d. 5 a 6 MHz

10-5 **a.** Uno
b. Mayor
c. Inferior
d. Aumenta

10-6 **a.** V
b. V
c. V
d. V

10-7 **a.** Control y sonido
b. Cabrestante
c. Nieve
d. 29,97 Hz

10-8 **a.** 6 o 7°
b. Luminancia
c. $1H$ o 63,5 μs
d. 3,579545 MHz

10-9 **a.** V
b. F
c. V
d. F

10-10 **a.** V
b. F
c. V

10-11 **a.** V
b. F
c. F
d. V

10-12 **a.** V
b. F
c. V
d. F

11

Transmisión de televisión

El método de transmisión de la señal de imagen modulada en amplitud es análogo al sistema más conocido de radiodifusión. En ambos casos se hace que la amplitud de la onda portadora RF varíe con la tensión de modulación. La modulación es la señal de la banda base. Para la televisión, la señal de la banda base es una señal vídeo compuesta. La difusión de televisión es realmente lo mismo que la del sistema de radio, pero incluye la imagen y el sonido. La señal de sonido asociada es transmitida por modulación de frecuencia (FM) en una onda portadora separada en el mismo canal de difusión que la señal de imagen.

Aquí el término *señal de imagen* se utiliza para designar la onda portadora modulada. La señal de vídeo es la señal para el tubo de imagen. En televisión la señal de vídeo corresponde a la señal de audio en el sistema de sonido. En las secciones siguientes se dan más detalles de la señal AM de imagen y la señal FM asociada de sonido:

11-1 Transmisión negativa
11-2 Transmisión de banda lateral residual
11-3 Canales de difusión de televisión
11-4 Canal estándar de televisión
11-5 Señal FM de sonido
11-6 Estándares de transmisión de televisión
11-7 Transmisión en línea visual
11-8 Televisión por satélite

11-1 Transmisión negativa

Como muestra la figura 11-1, el blanco de pico de la señal vídeo produce las amplitudes más bajas de la señal AM de imagen. Este resultado se obtiene por modulación de polaridad negativa. La señal de modulación es aplicada en la polaridad que reduce la amplitud de la portadora RF para el blanco de pico en la señal vídeo. El pico de sincronismo produce la máxima amplitud de la portadora, que está en el nivel del 100 %.

En la figura 11-1 las amplitudes relativas de la señal RF de imagen modulada en amplitud son las siguientes:

Pico de sincronismo = 100 %
Nivel de borrado = 75 %
Ajuste de negro = 67,5 %
Blanco máximo = 10 a 15 %, o 12,5 %

Los impulsos de sincronismo ocupan el máximo del 25 % de la amplitud de la portadora. La información de imagen está entre el 67,5 % para el negro y un promedio de 12,5 % para el blanco de pico o máximo. Aunque aquí no está representada la modulación de croma, es multiplexada en la señal RF portadora de imagen con los valores de luminancia del mismo margen que la información de blanco y negro.

La señal portadora no disminuye por debajo del 10 % a causa de que no hay distorsión cuando la amplitud se anula. Por lo demás, la señal de sonido de interportadora del receptor no se puede producir sin la señal portadora de imagen.

Todas estas amplitudes relativas son las mismas para las partes superior e inferior de la envolvente de modulación. Los semiciclos positivos y negativos de la portadora de RF son iguales, lo cual produce una envolvente simétrica de las variaciones de amplitud. Este factor explica la razón de que deba ser rectificada la señal modulada para recuperar la señal de la banda base en la envolvente de modulación.

Ventajas de la transmisión negativa. Una ventaja de la transmisión negativa es que los impulsos de ruido en la señal RF transmitida aumentan la amplitud de la portadora hacia el negro, en lugar del blanco. Este efecto hace que las falsas imágenes de ruido sean menos obvias en la imagen.

El transmisor utiliza menos potencia en la transmisión negativa. Como las imágenes normales son en su mayoría blancas, la amplitud de la portadora es baja la mayor parte del tiempo en que se transmite la información de imagen.

Quizá lo más importante es la ventaja práctica de tener el pico de sincronismo como referencia para la intensidad de la portadora, independientemente de la información de imagen. Un circuito detector diodo de picos puede proporcionar fácilmente la tensión de c.c. que es proporcional a la amplitud de la señal portadora de RF. La tensión de c.c. se utiliza para la polarización del control automático de ganancia (CAG) del receptor.

Escala IRE y amplitudes de la portadora. En la señal vídeo compuesta utilizada como señal de banda base para la modulación, las amplitudes relativas se indican ordinariamente en la escala IRE. Como se explicó en el capítulo 7 "Análisis de la señal vídeo", la señal vídeo compuesta varía desde −40 unidades IRE del pico de sincronismo hasta 0 para el nivel de borrado y hasta +100 unidades IRE para el blanco de pico. Las amplitudes correspondientes en la figura 11-1 son el 100 % del nivel de portadora para el pico de sincronis-

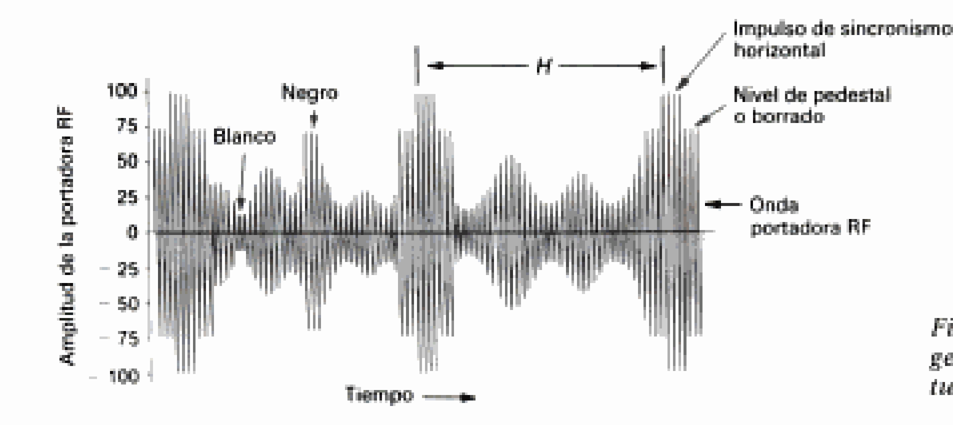


Fig. 11 - 1. Onda portadora de imagen transmitida, modulada en amplitud por la señal vídeo compuesta.

mo, el 75 % para el nivel de borrado y el 12,5 % para el blanco de pico.

La tabla 11-1 da más detalles para la comparación. En resumen, las 40 unidades IRE de sincronismo corresponden al máximo del 25 % de la amplitud de portadora. Las 10 unidades IRE para el ajuste del negro corresponden al 7,5 % de la señal portadora. El nivel IRE de 100 se convierte en 12,5 % de la amplitud de portadora para el blanco de pico. Realmente, 20 unidades IRE más, hasta 120, corresponden al 12,5 % de la amplitud de la portadora que no se utiliza para la modulación. Este porcentaje de señal portadora se calcula como 20/160 unidades IRE, o sea, 0,125 o 12,5 %.

TABLA 11-1
COMPARACIÓN DE LA ESCALA IRE Y AMPLITUDES DE PORTADORA

NIVEL	NIVELES DE VÍDEO, UNIDADES IRE	NIVEL DE PORTADORA RF, %
Pico de sincronismo	−40	100
Borrado	0	75
Ajuste de negro	10	67,5
Blanco de pico	100	12,5
No usado	120	0

Preguntas de prueba 11-1
Respuestas al final del capítulo

Con transmisión negativa, dar los porcentajes de la amplitud de la señal portadora para los siguientes niveles:

a. Máximo blanco.
b. Borrado.
c. Pico de sincronismo.

11-2 Transmisión de banda lateral residual

La señal AM de imagen no se transmite como señal de doble banda lateral normal. En su lugar, una parte de la banda lateral inferior se filtra, es decir, se suprime por filtrado, antes de la transmisión y se mantiene un residuo de bandas laterales. El propósito es reducir la banda de frecuencia necesaria para la modulación vídeo en la señal de imagen. Específicamente, se utiliza un canal de difusión de televisión de 6 MHz en lugar de 8 MHz, o más, que serían necesarios para dobles bandas laterales con modulación de 4 MHz.

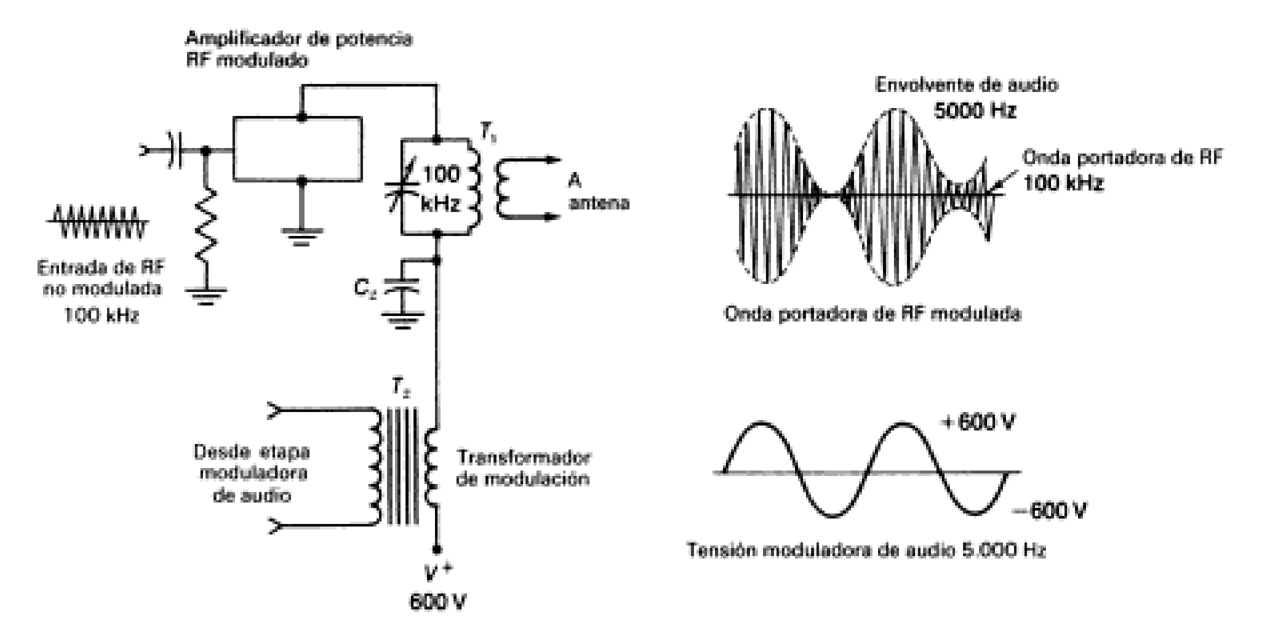


Fig. 11 - 2. Circuito para modulación de amplitud. La portadora RF de 100 kHz es modulada en amplitud por la señal de la banda base de 5000 Hz.

Modulación de amplitud. El ejemplo de la figura 11-2 ilustra cómo se produce una señal AM, con objeto de analizar las bandas laterales. Este método es de modulación de alto nivel en el circuito de salida del amplificador RF final. Se utilizan números pequeños para simplificar los cálculos de las frecuencias. Se toma 100 kHz para la portadora RF. La frecuencia es modulada por 5000 Hz, como frecuencia audio para la modulación de la banda base. La V^+ para el amplificador de RF se supone que sea la tensión c.c. de 600 V. El valor de pico de la onda senoidal de la tensión moduladora es también igual a 600 V, con el fin de tener modulación del 100 %.

Obsérvese que la tensión de audio entre los extremos del secundario del transformador de modulación T_2 está en serie con V^+ para el amplificador RF. Por tanto, la tensión de alimentación efectiva para el amplificador RF varía al ritmo de audio. En consecuencia, la amplitud de la salida RF varía de la misma manera. Los valores máximo y mínimo están indicados en la tabla 11-2 para un ciclo de modulación de audio.

Las amplitudes variables de la onda portadora RF proveen una envolvente que corresponde a la señal moduladora de audio. Los picos positivos y negativos de la onda portadora RF son iguales por encima y por debajo del eje central. Hay las mismas variaciones exactamente de amplitud. La envolvente es simétrica a causa de que cualquier punto de la forma de onda de audio incluye muchos ciclos de la señal portadora RF.

El resultado de la modulación en este caso es que se produce una señal de AM utilizando una portadora RF de 100 kHz. Su amplitud varía al ritmo de audio de 5000 Hz o sea, 5 kHz. La envolvente corresponde a la señal moduladora de audio.

TABLA 11-2
VALORES DE LA MODULACIÓN PARA LA FIGURA 11-2

TENSIÓN AUDIO	TENSIÓN V^+	TENSIÓN AMPLIDOR RF	SEÑAL RF DE AMPLITUD MODULADA
0	600	600	Nivel de portadora
+600	600	1200	Doble nivel de portadora
0	600	600	Nivel de portadora
−600	600	0	Cero
0	600	600	Nivel de portadora

Frecuencias portadoras laterales. Referencia a la figura 11-3. La onda de AM es igual a la suma de la portadora RF no modulada y dos frecuencias laterales RF. Obsérvese que la señal portadora y sus frecuencias laterales tienen todas un nivel constante. Además, la amplitud de la portadora lateral es la mitad del nivel de la portadora no modulada, para modulación del 100 %.

Cada frecuencia lateral difiere de la portadora en la frecuencia moduladora de audio. La frecuencia lateral superior en este ejemplo es

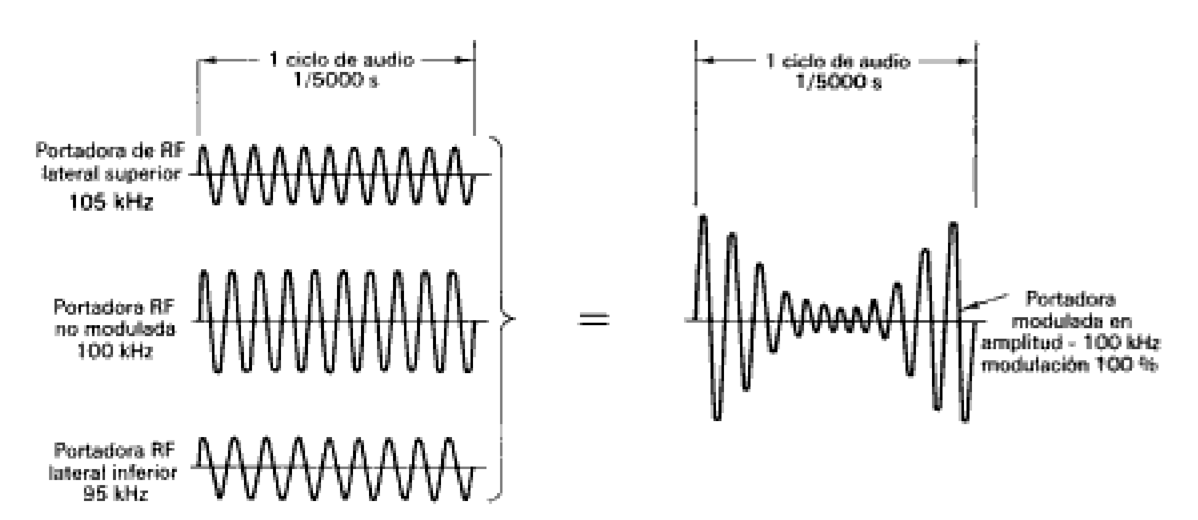


Fig. 11 - 3. Cómo corresponde una onda AM a la portadora RF no modulada más dos señales de portadora RF laterales producidas por la modulación. Este ejemplo es para una frecuencia moduladora.



Fig. 11-8. Efecto de limpiaparabrisas causado por interferencia del canal adyacente inferior.

las dos señales. A esta interferencia se la llama *efecto de limpiaparabrisas*.

El remedio de una interferencia de cocanal es el uso de una antena más direccional en el receptor. Las estaciones cocanal están ordinariamente orientadas en diferentes direcciones. La selectividad del canal adyacente del receptor está determinada por las trampas de onda de la sección FI.

Preguntas de prueba 11-3
Respuestas al final del capítulo

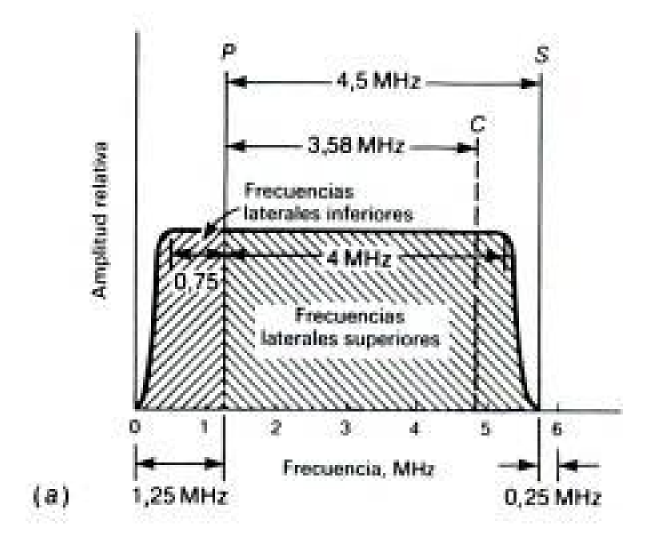
Contestar verdadero o falso.

a. Las señales de imagen y sonido utilizan portadoras separadas transmitidas en un canal de 6 MHz.
b. Los canales UHF de televisión tienen una anchura de 40 MHz.
c. Los canales 6 y 7 son más propensos a tener interferencia de canal adyacente.

11-4 Canal estándar de televisión

La figura 11-9*a* ilustra cómo se adaptan las señales de imagen y sonido en el canal de 6 MHz. La frecuencia portadora de imagen no está en el centro del canal a causa de la transmisión de la banda lateral residual. Obsérvense los siguientes espaciados para la frecuencia portadora:

1. La portadora de imagen *P* está 1,25 MHz por encima del extremo inferior del canal.
2. La portadora de sonido *S* está 4,5 MHz por encima de la portadora de imagen, o *S* está 0,25 MHz por debajo del extremo superior del canal.
3. La subportadora de color *C* está 3,58 MHz por encima de la portadora de imagen, como modulación de vídeo en la banda lateral superior.



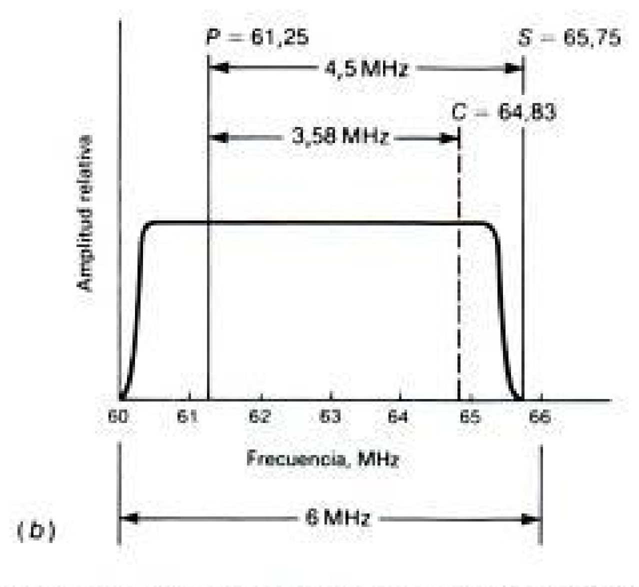


Fig. 11-9. Cómo se utilizan las frecuencias en el canal normal de teledifusión de 6 MHz. P es la portadora de imagen, S es la portadora de sonido, C es la subportadora de croma. (a) Separaciones de frecuencia, en general, para cualquier canal. (b) Frecuencias específicas para el canal 3 de 60 a 66 MHz.

En la figura 11-9*b* están indicadas las frecuencias específicas del canal 3. Las frecuencias portadoras de imagen y sonido de todos los canales de televisión están indicadas en el apéndice A.

Ejemplos de frecuencias de canal RF. Véase la figura 11-9*b* para el canal 3, el cual es de 60 a 66 MHz.

La portadora de imagen es

$$P = 60 + 1{,}25 = 61{,}25 \text{ MHz}$$

La portadora de sonido es

$$S = 61{,}25 + 4{,}5 = 65{,}75 \text{ MHz}$$

La señal subportadora de color es

$$C = 61{,}25 + 3{,}58 = 64{,}83 \text{ MHz}$$

Las bandas laterales de la señal FM de sonido no están indicadas. La señal FM de sonido requiere un ancho de banda de sólo 50 kHz con una desviación de frecuencia de ±25 kHz para el 100 % de modulación.

Bandas laterales residuales de la señal de imagen. Con transmisión de banda lateral residual, todas las frecuencias laterales superiores hasta 65,25 MHz son transmitidas para modulación vídeo de 4 MHz. Los valores son 61,25 + 4,0 = 65,25 MHz. Las frecuencias laterales más altas pueden interferir con la señal de sonido.

Sin embargo, sólo es transmitida la parte de banda lateral inferior hasta aproximadamente 60,5 MHz. Esta frecuencia lateral más baja es para modulación vídeo de 0,75 MHz. Las frecuencias laterales inferiores a 60,5 MHz están en el extremo bajo del canal o fuera de éste.

Cuando la tensión de modulación vídeo tiene una frecuencia de 0,75 MHz, son transmitidas ambas frecuencias laterales superior e inferior. La frecuencia inferior es

$$61{,}25 - 0{,}75 = 60{,}5 \text{ MHz}$$

mientras la frecuencia superior es

$$61{,}25 + 0{,}75 = 62 \text{ MHz}$$

Ambas frecuencias de 60,5 y 62 MHz están en el canal. En este caso, la portadora AM de imagen es una señal de doble banda lateral normal. Lo mismo es aplicable para cualquier señal vídeo de modulación con una frecuencia menor de 0,75 MHz.

Sin embargo, para frecuencias vídeo de modulación más altas de 0,75 MHz, sólo son transmitidas las frecuencias laterales superiores con amplitud normal. Consideremos una modulación vídeo de 2 MHz. La frecuencia lateral superior es 61,25 + 2,0 = 63,25 MHz, y está en el canal. La frecuencia lateral inferior es 61,25 − 2,0 = = 59,25 MHz, y está fuera del canal. En este caso, sólo se transmite la frecuencia lateral superior, como en la transmisión de banda lateral única. Todas las frecuencias laterales más bajas que el canal son suprimidas por un filtro de banda lateral residual existente en el transmisor.

El resultado es la transmisión de banda lateral residual de la señal AM de imagen. En este método se utiliza transmisión de doble banda lateral para frecuencias moduladoras de aproximadamente 0,75 MHz o menos. La transmisión de banda lateral única se utiliza para las frecuencias de modulación vídeo más altas, desde 0,75 hasta 4 MHz.

La frecuencia subportadora de croma, de 64,83 MHz, está separada 3,58 MHz de la portadora de imagen y es una frecuencia lateral superior de la portadora de imagen modulada en el canal 3. En un receptor sintonizado en el canal 3, los circuitos RF deben dejar pasar 64,83 MHz para obtener la señal de color.

Ventaja de la transmisión de banda lateral residual. Con la portadora de imagen distanciada 1,25 MHz del extremo del canal, se pueden transmitir frecuencias vídeo de hasta 4 MHz en el canal de 6 MHz. Si se utilizase transmisión de doble banda lateral con la portadora de imagen en el centro del canal sería necesario un límite de videofrecuencia de aproximadamente 2,5 MHz.

Podría parecer deseable situar la portadora de imagen en el extremo inferior del canal y utilizar totalmente la transmisión de banda lateral única. Sin embargo, este método no es práctico. Las frecuencias laterales más bajas indeseables son eliminadas por un filtro, que no puede tener una característica ideal de corte. El resultado es la distorsión de fase de las frecuencias laterales próximas a la de la señal portadora, lo que es causa de borrosidad en la imagen. Recuérdese que las frecuencias vídeo bajas tienen la información de luminancia más importante para áreas grandes de la imagen.

El compromiso de transmisión de banda lateral residual es prácticamente perfecto. Las fre-

cuencias laterales inferiores son suprimidas únicamente cuando están suficientemente alejadas de la portadora de imagen para evitar la distorsión de fase. La propia portadora de imagen y las frecuencias laterales próximas a la portadora no son atenuadas.

Compensación para la transmisión de banda lateral residual. La señal de imagen tiene distorsión en cuanto a las amplitudes relativas de diferentes frecuencias de modulación. Recuérdese que una señal transmitida con sólo una banda lateral representa únicamente el 50 % de modulación, en comparación con la doble banda lateral. En efecto, este método realza las frecuencias bajas de la señal vídeo de modulación. Pero el refuerzo es corregido por la desacentuación de las frecuencias vídeo bajas en la misma cantidad, en el amplificador FI del receptor de televisión. Específicamente, la frecuencia portadora FI de imagen de 45,75 MHz tiene una ganancia relativa del 50 % en el extremo de la curva FI de respuesta. La salida RF del transmisor y la ganancia FI del receptor se complementan de modo exacto mutuamente.

Preguntas de prueba 11-4
Respuestas al final del capítulo

Hacer una lista de los valores de las siguientes frecuencias del canal 4, desde 66 hasta 72 MHz.

a. Portadora de imagen.
b. Portadora lateral superior para modulación vídeo de 3 MHz.
c. Subportadora de color.
d. Portadora de sonido.

11-5 Señal FM de sonido

La modulación de frecuencia se utiliza para la señal de sonido asociada con el fin de aprovechar las ventajas de menos ruido e interferencia. La señal FM de sonido en televisión es esencialmente lo mismo que en radiodifusión en FM excepto que la excursión máxima de frecuencia es de ±25 kHz, en lugar de ±75 kHz.

Para la señal de sonido asociada se utiliza una portadora separada, 4,5 MHz más alta que la portadora de imagen, con ambas en el canal estándar de televisión de 6 MHz. El margen de las frecuencias audio de modulación es de 50 a 15.000 Hz, lo mismo que en radio de FM, para permitir la reproducción de sonido de alta fidelidad.

Cambios de frecuencia en una señal de FM. La idea de modulación de frecuencia está ilustrada en la figura 11-10. Aunque el oscilador de RF está sintonizado a 100 kHz, la frecuencia cambia por la variación de la capacidad de C_V del diodo varactor. La magnitud del cambio de frecuencia del oscilador depende de lo que cambie C_V ya que su tensión inversa es variada por la tensión de modulación de 60 Hz. La velocidad de los cambios de frecuencia en la salida de RF es aquí de 60 Hz. Así la salida FM es una señal de RF cuya frecuencia varía aproximadamente 100 kHz, al mismo ritmo que la modulación de 60 Hz. A un circuito tal como éste se le denomina *vobulador* y su frecuencia de salida oscila alrededor del valor central de 100 kHz. Aquí se emplean números pequeños para simplificar los valores. Generalmente, se emplean las bandas VHF y UHF para señales de FM.

Obsérvese que se puede hacer que el cambio de frecuencia del oscilador RF sea de cualquier

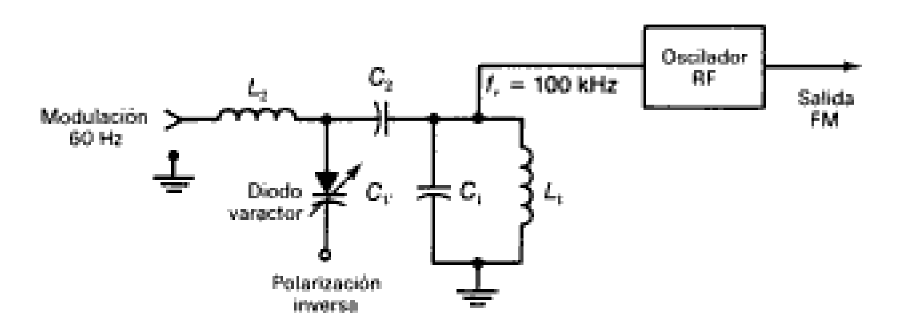


Fig. 11 - 10. Método para producir modulación de frecuencia. El diodo capacitivo C_V varía la frecuencia del oscilador al ritmo de la modulación de 60 Hz. L_2 es un choque de RF.

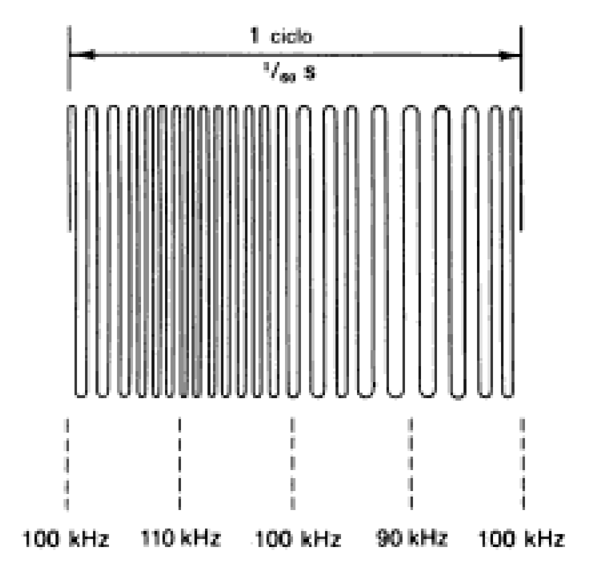


Fig. 11 - 11. Salida FM producida por el circuito de la figura 11 - 10. La amplitud es constante, pero la frecuencia instantánea varía continuamente.

valor y no tiene relación alguna con el ritmo o velocidad de repetición de las excursiones de frecuencia. Para la misma velocidad de repetición de 60 Hz, la frecuencia del oscilador puede cambiar en ±10 kHz, ±20 kHz o cualquier otro número, dependiendo de la tensión de señal aplicada al diodo varactor como condensador. O bien, un valor de excursión de frecuencia, tal como ± 10 kHz, puede ser producido más rápida o más lentamente que 60 Hz con sólo cambiar la frecuencia de la tensión de modulación aplicada al varactor.

La figura 11-11 ilustra la salida de FM del oscilador de la figura 11-10. La amplitud se mantiene la misma en todo instante, pero la frecuencia cambia continuamente. En este ejemplo el máximo cambio de frecuencia de la portadora de 100 kHz es ±10 kHz, correspondiente a la tensión de pico de la señal moduladora de 60 Hz. Los valores comprendidos entre la tensión nula y la tensión de pico tienen cambios de frecuencia menores de ±10 kHz. El ritmo o frecuencia de repetición es de 60 Hz. De esta manera, la información de la señal de modulación está implicada en los cambios de frecuencia de la portadora RF. La tabla 11-4 resume las características de la señal FM en comparación con las de la señal AM.

Frecuencia central. La frecuencia de la portadora RF sin modulación, o sea, cuando la tensión de modulación es cero, se llama *frecuencia central*. En las figuras 11-10 y 11-11 la frecuencia central es 100 kHz. La frecuencia central es también lo que se llama *frecuencia de reposo*.

Desviación de frecuencia. El cambio respecto de la frecuencia central se denomina *desviación de frecuencia*. Por ejemplo, en la figura 11-11 la desviación de frecuencia es 10 kHz, desde 100 kHz hasta 110 por un lado o hasta 90 kHz por el otro. La desviación de frecuencia se toma generalmente para el valor máximo del pico de la tensión moduladora de audio.

Excursión de frecuencia. Cuando hay cantidades iguales de cambio por encima y por debajo de la frecuencia central, la excursión total de frecuencia es el doble de la desviación de frecuencia. Los cambios opuestos de frecuencia corresponden a las polaridades opuestas de la modulación. En el

TABLA 11-4
COMPARACIÓN DE SEÑALES FM Y AM

FM	AM
La amplitud de la portadora es constante	La amplitud de la portadora varía con la modulación
La frecuencia portadora varía con la modulación	La frecuencia portadora es constante
La *amplitud* de la tensión de modulación determina la *frecuencia* portadora RF	La *amplitud* de la tensión de modulación determina la *amplitud* de la portadora RF
La frecuencia de modulación es el ritmo o velocidad de los cambios de frecuencia de la onda portadora RF	La frecuencia de modulación es el ritmo o velocidad de los cambios de amplitud de la onda portadora RF

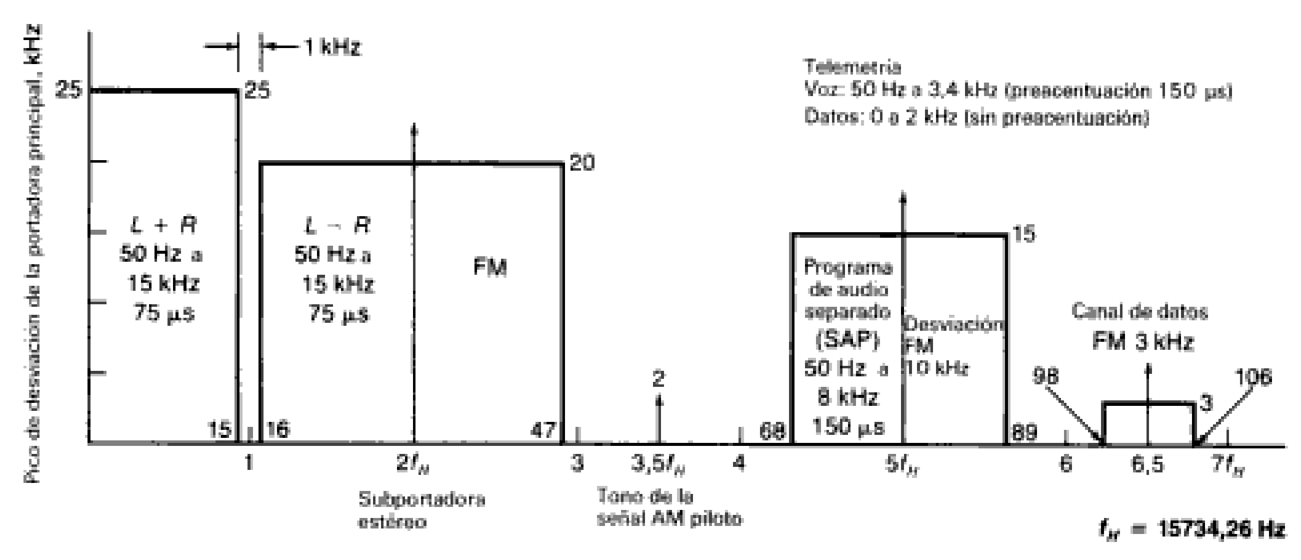


Fig. 11 - 12. Espectro de la banda base de sonido para el sistema de TV estéreo propuesto por Electronic Industries Association of Japan (EIAJ). El pico de desviación de la portadora principal para la señal FM es igual a 65 kHz. Para la frecuencia de exploración de línea horizontal en televisión en color, f_H *= 15.734,26 Hz.* (De Electronics.)

La señal $L + R$ corresponde al sonido original, para la compatibilidad en los receptores monofónicos. La señal $L - R$ es la señal adicional necesaria para realzar el sonido con efecto estéreo.

En la transmisión, la señal $L + R$ modula la señal portadora principal. La señal $L - R$ modula una subportadora de 38 kHz, que es suprimida para minimizar la interferencia. Se transmite un tono piloto de 19 kHz para que el receptor pueda regenerar la subportadora de 38 kHz. Luego los circuitos del procesado estéreo pueden decodificar la información para proveer las señales de sonido originales izquierda y derecha de los canales estéreo separados.

Sonido estéreo para TV. Se puede utilizar un método análogo para el sonido estéreo en televisión. Han sido propuestos varios sistemas, entre ellos el método EIAJ cuyas características están ilustradas en la figura 11-12. En este sistema, la señal $L - R$ estéreo modula a una subportadora suprimida de 31,4 kHz. Se elige esta frecuencia como $2f_H$, donde f_H es la frecuencia de exploración de línea horizontal de 15.734,20 Hz, o sea, aproximadamente 15,7 kHz. La señal piloto es de 3,5 f_H. Los múltiplos de f_H se utilizan para entrelazar las componentes de frecuencia de la modulación de sonido con las frecuencias de la señal video.

Además, las señales indicadas a la derecha en la figura 11-12 son para los canales con programas de audio separados (SAP). Un posible uso es la emisión en un segundo lenguaje.

Preguntas de prueba 11-5
Respuestas al final del capítulo

Indicar los siguiente valores para la señal FM de sonido de televisión:

a. Máxima desviación de frecuencia.
b. Separación de la frecuencia central con respecto a la señal portadora de imagen.
c. Porcentaje de modulación para excursión de ±20 kHz.

11-6 Estándares de transmisión de televisión

Los estándares están especificados por la FCC. En ellos están incluidos los requisitos de las amplitudes de señal, la salida de potencia y la tolerancia para las frecuencias portadoras. La forma de onda de la figura 11-13*a* muestra los valores de amplitud de la señal AM de imagen. En la figura 11-13*b* están indicadas, para su comparación, las frecuencias en un canal de 6 MHz estándar. Aquí el propósito es poner de manifiesto la diferencia entre las características de amplitud de una señal

estándar y las características de frecuencia de un canal estándar.

La señal AM de imagen se destina a la emisión de tipo A5C. Esta transmisión significa modulación de amplitud con toda la señal portadora, pero sin bandas laterales residuales.

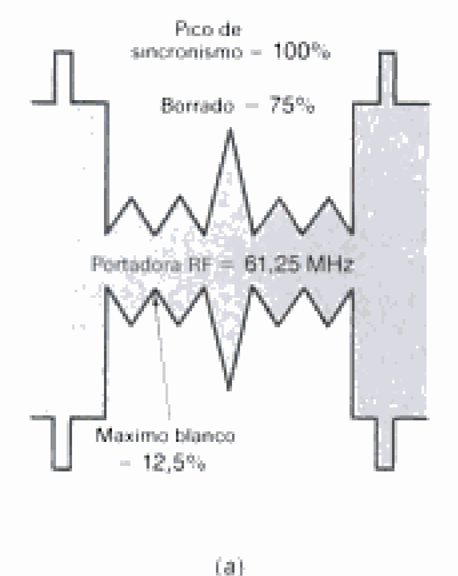
La señal FM de sonido está designada como emisión de tipo *F5*. Esta transmisión significa modulación de frecuencia con excursión máxima de ±25 kHz. En la radiodifusión de FM con la máxima excursión de ±75 kHz la emisión es F3.

En la figura 11-13*a*, la forma de onda de la señal de imagen AM muestra transmisión negativa, o polaridad negativa de modulación. Este método reduce el efecto de los impulsos de ruido en la imagen. El pico de sincronismo produce una máxima señal portadora con amplitud del 100 %. El máximo porcentaje de 25 % es para sincronismo, con el nivel de borrado del 75 %. El ajuste del nivel de negro es del 6,25 % por debajo del borrado. El blanco de pico produce la menor amplitud de la señal portadora de 12,5 ±2,5 %.

El gráfico de las frecuencias muestra en la figura 11-13*b* transmisión de banda lateral residual. Este método se utiliza para permitir el uso de modulación vídeo de 4 MHz en el canal de 6 MHz. La banda lateral superior (BLS) se extiende hasta 4 MHz por encima de la frecuencia portadora. Luego las frecuencias más altas descienden hasta anularse prácticamente para evitar la interferencia con la señal de sonido. La banda lateral inferior (BLI) se extiende horizontalmente hasta 0,75 MHz por debajo de la frecuencia portadora de imagen. Después las frecuencias descienden hasta anularse prácticamente para evitar la interferencia con el canal adyacente inferior.

Potencia del transmisor. El transmisor que produce la señal AM de imagen tiene generalmente una especificación de potencia máxima o de pico de 0,5, 5, 20 o 50 kW. Sin embargo, la potencia radiada efectiva (ERP) es mucho más alta porque incluye la ganancia de antena. Por ejemplo, la salida de transmisor de 4,5 kW, que incluye 0,5 kW de pérdidas del cable, puede ser multiplicada por una ganancia de antena de 10 para obtener una ERP de 45 kW. A menudo la potencia está especificada en unidades de dBk, que significa decibelios sobre 1 kW.

El transmisor de sonido que produce la señal de sonido FM puede tener una salida de potencia 0,5 a 1,5 veces mayor que la potencia de la señal de imagen. Generalmente, el sonido se transmite con la mitad de potencia que la señal de imagen, con el fin de minimizar la interferencia. Usualmente la recepción de la señal de sonido no presenta problemas.



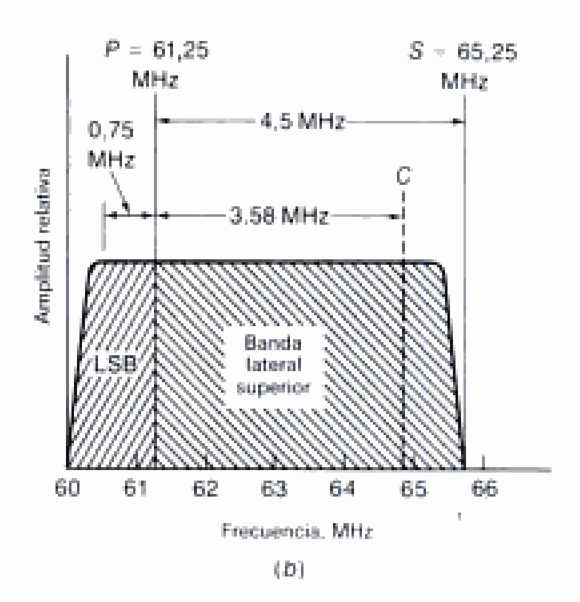


Fig. 11 - 13. Comparación de las características de amplitud y frecuencia para el canal de transmisión de televisión. Aquí el ejemplo es del canal 3. (a) *Niveles de amplitud para la señal AM de imagen.* (b) *Frecuencias en el canal de 6 MHz.*

Tolerancias de frecuencia. La tolerancia para la frecuencia portadora de imagen es ±1000 Hz. La frecuencia portadora de sonido debe ser 4,5 MHz ±1000 Hz más alta que la frecuencia portadora de imagen. Estas tolerancias se aplican a la transmisión en color. La frecuencia subportadora de croma es 3,579545 MHz ±10 Hz. Hay que tener en cuenta que una tolerancia de 1000 Hz es 1 kHz, o sea 0,001 MHz. La relación con respecto a 100 MHz es sólo 0,001 %.

Frecuencia portadora desplazada. Las frecuencias portadoras exactas de las diferentes estaciones del mismo canal están desplazadas +10 kHz o −10 kHz. El propósito es reducir el efecto de interferencia entre las estaciones cocanal. Se elige un desplazamiento de 10 kHz como aproximadamente las dos terceras partes de la frecuencia horizontal de exploración de línea de 15.750 Hz.

Estaciones repetidoras. Las estaciones repetidoras o de translator convierten las frecuencias del canal de una estación a las de otro canal. El propósito es minimizar la interferencia en el servicio de una pequeña zona o área en un pequeño radio de acción de 5 a 15 millas (8 a 14 km). La salida de potencia es de 1 a 10 W para canales de VHF o hasta 100 W para canales de UHF.

Estaciones de TV de baja potencia. En los planes de la FCC se concede licencia hasta aproximadamente 1000 estaciones de TV de baja potencia, que es el mismo número aproximado de estaciones principales de televisión. Serán posibles muchas más asignaciones de canal, especialmente para grupos minoritarios y pequeñas zonas locales con fuentes especiales de programa. La potencia de transmisor es de 10 a 100 W para canales VHF y hasta 1000 W para canales UHF. Excepto en cuanto a la restricción de potencia, las estaciones de baja potencia pueden funcionar en cualquiera de los canales VHF y UHF, excepto los 37 y 70 a 83, que no son asequibles para la difusión regular de TV. Sin embargo, no debe haber interferencia con las estaciones de servicio no restringidas. Los canales que pueden interferir con otros son los siguientes:

n = cocanal
$n \pm 1$ = canal adyacente
$n \pm 11$ = interferencia con oscilador local
$n \pm 8$ = interferencia de batido FI
$n \pm 14$ = interferencia de frecuencia imagen de sonido
$n \pm 15$ = interferencia de frecuencia imagen de la señal de imagen

Obsérvese que la potencia está especificada para el transmisor, sin tener en cuenta la ganancia de la antena y su altura. La potencia radiada efectiva puede ser mucho mayor.

Preguntas de prueba 11-6
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál es la tolerancia para la frecuencia portadora de imagen?
b. ¿Cuál es el número del tipo de emisión para la transmisión de banda lateral residual?
c. ¿Cuál es el desplazamiento de frecuencia para las estaciones cocanal?

11-7 Transmisión en línea visual

En las bandas de VHF y UHF la propagación por radio tiene lugar principalmente por ondas próximas a la superficie de la Tierra, en vez de por ondas ionosféricas, o sea, reflejadas desde la ionosfera o atmósfera ionizada. La distancia de transmisión está, por tanto, limitada a la trayectoria de línea recta hasta el horizonte. Esta característica se denomina *transmisión por línea visual u óptica*. Sin embargo, la distancia al horizonte para las ondas de radio es aproximadamente el 15 % mayor a causa de los efectos de refracción.

La altura por encima del suelo es importante en las antenas de transmisión y recepción. Por ejemplo, la distancia horizontal es de aproximadamente 20 millas (32 km) para una altura de antena de 200 pies (61 m) y 50 millas (80 km) para una altura de 1000 pies (305 m). La figura 11-14 ilustra la antena transmisora erigida en el edificio del World Trade Center por todas las estaciones de televisión de la ciudad de Nueva York. Esta antena tiene aproximadamente 1800 pies (549 m) de altura y permite alcanzar una distancia hasta el horizonte de radio de 60 millas (97 km). Están incluidas las antenas para estaciones de radiodifusión en FM, que funcionan también en la banda de VHF.

En las transmisiones de línea visual, en el cálculo de la distancia al horizonte se añade la correspondiente a la antena receptora. Por ejemplo, una altura de antena de 200 pies (61 m) en el receptor permite una distancia horizontal de 20

en megahercios. Por ejemplo, para una frecuencia de 100 MHz, la longitud de una media onda es 4,62 pies (1,4 m). En la figura 11-16, cada polo deberá ser de 2,31 pies (0,7 m) para que corresponda a la longitud total de una media onda. La separación entre los dos polos es despreciable.

En la banda VHF de 30 a 300 MHz, la longitud de media onda es de tamaño práctico para el montaje de los conductores de antena. El dipolo de media onda se denomina también *antena Hertz*.

Polarización de antena. La *dirección de polarización* de las ondas de radio se define como el plano del campo eléctrico, con un campo magnético perpendicular. En términos prácticos, una antena horizontal radia una onda electromagnética con polarización horizontal. Una antena vertical produce polarización vertical. Para la máxima captación de la señal, la antena receptora debe tener la misma polarización que la señal. Generalmente se utiliza polarización horizontal en la banda de VHF porque en estas frecuencias el ruido generado por equipos eléctricos está casi siempre polarizado verticalmente.

En el pasado, el estándar o norma de la FCC para el transmisor de televisión era polarización horizontal. Sin embargo, se está cambiando a *polarización circular* porque es un método que combina la polarización horizontal y la vertical. El propósito es mejorar la recepción de la señal por antenas interiores. En este método de recepción, realmente no existe dirección específica de polarización de la señal. También se utiliza polarización circular para la señal transmitida en la banda FM de radiodifusión.

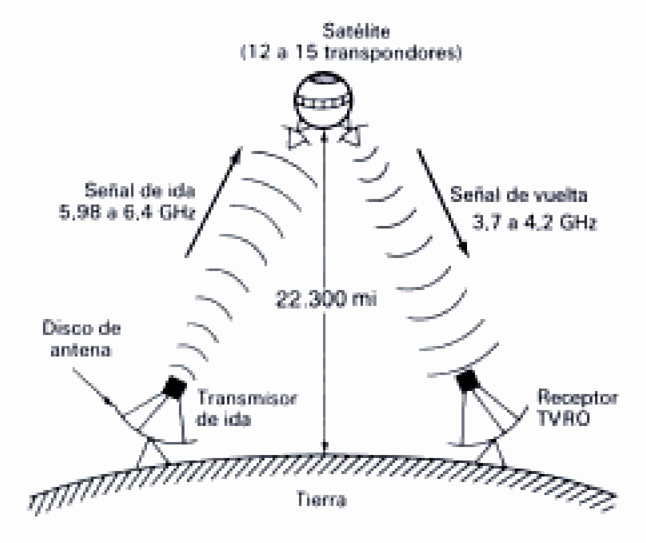


Fig. 11 - 17. Elementos de un sistema de comunicaciones por satélite.

Preguntas de prueba 11-7
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. En la transmisión de línea visual se utilizan ondas reflejadas en la ionosfera.
b. Un dipolo de media onda es tanto más corto cuanto más altas sean las frecuencias.
c. La señales recibidas de varias trayectorias son causa de fantasmas en la imagen.
d. Cuanto más alta sea la antena, más larga es la distancia del horizonte de radio.

11-8 Televisión por satélite

La mejor manera de superar las limitaciones de la línea visual es situar la antena transmisora en un satélite colocado en una órbita alta sobre la Tierra. El satélite sirve como estación relé o retransmisora entre las estaciones de tierra situadas en diferentes emplazamientos. De esta manera, se consigue la comunicación por satélite a través de millares de millas.

Los elementos de un sistema de satélite están ilustrados en la figura 11-17. El primer requerimiento será lanzar el satélite al espacio para situarlo en órbita. En Estados Unidos los cohetes son suministrados por la National Aeronautics and Space Administration (NASA), a las compañías privadas propietarias del satélite. Aunque el coste es grande, el sistema de comunicaciones por satélite es más barato que una red de estaciones de tierra que cubra la misma área. Por lo demás, las señales del satélite pueden propagarse fácilmente a través de los océanos.

Órbita geoestacionaria. Se utiliza una altura de satélite de 22.300 millas (35.887 km) a causa de que este radio proporciona una *órbita geoestacionaria* o *síncrona*. El tiempo de recorrido de una órbita es exactamente igual a las 24 h de una rotación de la Tierra alrededor de su eje. En consecuencia, se verá el satélite estacionario con respecto a la Tierra. Así es posible que el transmisor dirija al satélite su señal ascendente de antena y que la estación receptora de tierra pueda captar la

señal descendente orientando la antena parabólica hacia el satélite. Diferentes satélites tienen orientaciones angulares que difieren de 3 a 5°.

Frecuencias de las señales ascendentes y descendentes. Se utilizan las microondas para dirigir con exactitud las señales de radio a un satélite distante 22.300 millas (35.887 km). Las frecuencias son del orden de gigahercios (GHz). 1 GHz = 10^9 Hz, o bien, 1 GHz son 1000 MHz. Las frecuencias específicas son las siguientes:

Señal de ida o ascendente = 5,9 a 6,4 GHz. Estas frecuencias se utilizan para la emisión del transmisor de tierra hasta el satélite.

Señal de vuelta o descendente = 3,7 a 4,2 GHz. Estas frecuencias se utilizan para el transmisor del satélite hacia el receptor de la estación de tierra.

El satélite tiene de 12 a 15 transpondores para canales separados. Cada transpondor convierte la señal de ida en una señal de vuelta solamente para la estación de tierra receptora de TV (TVRO).

Como estación relé o repetidora el satélite capta la señal emitida por una estación de tierra situada en una ubicación y la devuelve a tierra, donde puede ser recibida en lugares repartidos alrededor del mundo. La salida de potencia es de 5 a 8,5 W. La potencia de c.c. necesaria es suministrada por células solares.

Canales de transpondor. Los satélites de TV tiene 12 transpondores para diferentes señales en canales separados. Un transpondor es un receptor y un transmisor combinados. Las señales de ida son recibidas para ser convertidas a las frecuencias de vuelta o descendentes transmitidas a los receptores de las estaciones terrestres.

Actualmente hay disponibles 24 canales con 12 transpondores. Las señales para 12 canales utilizan polarización horizontal y para los otros 12 canales se utiliza polarización vertical.

Comunicaciones por satélite. Aunque la televisión es muy popular, sólo es una aplicación de las comunicaciones por satélite. Sus usos incluyen el teléfono, la televisión y la transmisión de datos. La regulación o normativa mundial es provista por el *In*ternational *Tele*communications *Sat*ellite (Intelsat). En Estados Unidos los satélites son operados o manipulados por la *Com*munications *Sat*ellite Corporation (Comsat). Compañías privadas tales como RCA y Western Union también poseen sus propios satélites. La televisión canadiense utiliza los satélites Anik. Para comunicaciones mundiales hay satélites sobre los océanos Atlántico, Pacífico e Índico. En la tabla 11-5 están reseñados algunos de los satélites de comunicaciones más populares.

Estación receptora terrestre. El principal problema que presentan las estaciones receptoras terrestres es que la señal recibida del satélite, distante 22.300 millas (35.887 km), es muy débil. La salida de potencia del satélite es generalmente 5 W. Sin embargo, su ganancia de antena es normalmente 1000 para una potencia radiada efectiva (ERP) de 5000 W. Suponiendo una pérdida de −196 dB en la transmisión, en el receptor la señal sólo es de $1{,}2 \times 10^{-16}$ W. Empleando un gran reflector de antena que da una ganancia de 10.000 y un amplificador especial de bajo ruido (LNA) para la señal de microondas, la estación TVRO puede recibir las señales del satélite (fig. 11-18).

El gran reflector de antena y el LNA especial son bastante caros para un aficionado. El coste total de la estación completa receptora de tierra puede ser de 2000 a 10.000 $. Para las compañías de comunicaciones de TV por satélite estos costes son pequeños.

TABLA 11-5
SATÉLITES POPULARES

NOMBRE	PROPIETARIO	ORIENTACIÓN ANGULAR	APLICACIONES
Satcom IV	RCA	132°	Utilizado por compañías de TV por cable
Comstar 3	Comsat	95°	Comunicaciones telefónicas
Westar 3	Western Union	86°	Utilizado por estaciones de servicio público de TV
Anik B	Canadá	109°	Televisión canadiense



Fig. 11 - 18. Torre de antenas y antena parabólica para recepción por satélite para estación terrestre de TV por cable.

Las imágenes de televisión recibidas desde un satélite pueden ser de una notable calidad. Como se utiliza FM, la imagen no tiene ruido. Además, con un canal de 40 MHz la definición en alta frecuencia puede ser mucho mejor que la de un canal estándar de 6 MHz. Para la teledifusión la señal del satélite debe ser convertida en cada estación terrestre a la señal estándar de TV. En el futuro pueden ser reservados canales especiales de satélite para la televisión de alta definición (HDTV).

Reflector de antena. Para la señal débil de microondas se utiliza un gran reflector parabólico o esférico con el fin de obtener una ganancia de antena de 10.000 aproximadamente. El disco parabólico proporciona más ganancia. La ganancia debe ser obtenida antes de que sea amplificada la señal pues, si no es así, la relación señal/ruido no es suficientemente buena.

Para las frecuencias de la señal de vuelta o descendentes de aproximadamente 4 GHz, el reflector de antena debe tener un diámetro de 10 a 12 pies (3,0 a 3,7 m). Esto en cuanto al montaje de antena. Los ángulos de elevación vertical y de azimut del reflector (para lo concerniente a su puntería hacia el satélite) deben ser ajustables. Se utiliza una dirección específica para cada satélite. Un cambio de 3 a 5° puede conducir a apuntar al siguiente satélite en el espacio. Hay provisto un método para intercambiar las polarizaciones vertical y horizontal de modo que puedan ser captados en los satélites todos los canales.

Amplificador de bajo ruido (LNA). Esta unidad está realmente montada en el reflector de antena para recibir la señal de microondas enfocada. En 3,7 a 4,2 GHz son necesarios amplificadores especiales de microondas. Normalmente la ganancia de tensión es 300. El principal requerimiento es un bajo ruido a causa de la debilidad extremada de la señal. Las especificaciones de temperatura de ruido se miden en grados Kelvin. Cuanto menor sea el valor, mejor es el amplificador para obtener bajo ruido. Una especificación típica es 120 K, siendo 85 K el mejor factor de ruido.

Satélites de teledifusión directa (DBS). Diferentes organizaciones y compañías ponen en órbita satélites de TV para difundir directamente sus emisiones a las personas que posean su propia estación receptora de tierra. Este método prescinde de los servicios de las estaciones de teledifusión y de las redes de distribución por cable. Las frecuencias para DBS son más altas, con 17,3 a 17,8 GHz para las señales de ida y 12,2 a 12,7 GHz para las de vuelta. Además, se pretende más salida de potencia, con una ERP de 1.000.000 W. Con la combinación de frecuencias más altas y de más potencia es posible utilizar un reflector de antena más pequeño, de aproximadamente 3 pies, (0,9 m) de diámetro. Comsat y otras compañías tienen 20 canales, cada uno de ellos con un ancho de banda de 25 MHz. Ha sido adoptado el servicio DBS para proporcionar la difusión de televisión en áreas rurales y con características especiales tales como TV de alta definición y teletexto.

Preguntas de prueba 11-8
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Es 6 GHz una frecuencia de ida o de vuelta?
b. ¿Es 4 GHz una frecuencia de ida o de vuelta?
c. ¿Cuántos megahercios hay en 1 GHz?
d. ¿En cuántos grados difieren las orientaciones angulares de los satélites?

RESUMEN

1. La señal portadora de imagen modulada en amplitud tiene una envolvente simétrica que es la señal vídeo compuesta utilizada para modular la onda portadora. Las dos características principales de la señal portadora de imagen transmitida son polaridad negativa de modulación y transmisión de banda lateral residual.
2. Transmisión negativa significa que la señal de modulación vídeo tiene la polaridad necesaria para reducir la amplitud de la portadora de la señal de blanco de la cámara. Una información de imagen más oscura aumenta la amplitud de la portadora. El pico de sincronismo produce la máxima amplitud de la portadora para el 100% de nivel.
3. La transmisión de banda lateral residual significa que todas las frecuencias laterales superiores y sólo una parte de las frecuencias laterales inferiores son transmitidas en el canal de 6 MHz para la señal portadora de imagen modulada. Las frecuencias laterales inferiores a la señal portadora de imagen que son lo suficientemente bajas para quedar fuera del canal asignado no se transmiten.
4. Los canales de 2 a 6 son de VHF, de banda baja, entre 54 y 88 MHz; los 7 a 13 son canales VHF de banda alta entre 174 y 216 MHz; los 14 a 83 son canales UHF de 470 a 890 MHz. En todas las bandas, las estaciones emiten en un canal estándar de 6 MHz de anchura.
5. El canal estándar de 6 MHz incluye la portadora AM de imagen 1,25 MHz más alta que el extremo bajo, y la portadora FM de sonido 0,25 MHz más baja que el extremo alto, con 4,5 MHz entre las frecuencias portadoras de imagen y sonido. La señal subportadora de color se transmite como frecuencia lateral 3,58 MHz más alta que la portadora de imagen.
6. La señal FM de sonido tiene una excursión máxima de frecuencia de ± 25 kHz con modulación del 100%.
7. La tolerancia de frecuencia de las portadoras de imagen y sonido es ± 1000 Hz. La tolerancia es ± 10 Hz para la señal subportadora de color de 3,579545 MHz.
8. Las ondas de radio son propagadas en las bandas VHF y UHF en transmisión de línea visual.
9. Los satélites de comunicaciones están en órbita 22.300 millas (35.887 km) por encima de la Tierra. El satélite sirve como estación repetidora o relevadora. Sus transpondores reciben las señales de ida o ascendentes y transmiten las señales de vuelta o descendentes a los receptores de las estaciones terrestres. Diferentes satélites tienen orientaciones angulares que difieren 3 a 5°.
10. Para las comunicaciones por satélite se utilizan microondas. Las frecuencias de ida son de 5,9 a 6,4 GHz y las frecuencias de vuelta son de 3,7 a 4,2 GHz.

AUTOEXAMEN

Respuestas al final del libro

Elegir (a), (b), (c) o (d).

1. La onda portadora de imagen modulada incluye la señal vídeo compuesta como

(a) nivel medio de portadora, (b) envolvente simétrica de las variaciones de amplitud, (c) banda lateral inferior sin la banda lateral superior, (d) envolvente superior sin la envolvente inferior.

2. ¿Cuál de las siguientes proposiciones es verdad? (a) Transmisión negativa significa que la amplitud de la portadora decrece para el negro. (b) Transmisión negativa significa que la amplitud de la portadora decrece para el blanco. (c) Transmisión de banda lateral residual significa que ambas bandas laterales superior e inferior son transmitidas para todas las frecuencias de modulación. (d) Transmisión de banda lateral residual significa que la señal portadora de imagen modulada sólo contiene la envolvente superior.
3. En el canal 4 (66 a 72 MHz) la señal portadora de imagen se modula con una señal vídeo de 2 MHz, ¿cuáles de las siguientes frecuencias son transmitidas? (a) Frecuencia portadora de 66 MHz y frecuencia lateral superior de 68 MHz; (b) frecuencia portadora de 71,75 MHz con frecuencias laterales de 69 y 73 MHz; (c) frecuencia portadora de 67,25 MHz con frecuencias laterales de 65,25 y 69,25 MHz; (d) frecuencia portadora de 67,25 MHz y frecuencia lateral superior de 69,25 MHz.
4. Con una señal vídeo de 0,5 MHz que modula a la portadora de imagen, (a) son transmitidas ambas frecuencias laterales superior e inferior; (b) sólo se transmite la frecuencia lateral superior; (c) sólo se transmite la frecuencia lateral inferior; (d) no se transmiten frecuencias laterales.
5. En los canales estándar de teledifusión, la diferencia entre las frecuencias portadoras de imagen y sonido es (a) 0,25 MHz, (b) 1,25 MHz, (c) 4,5 MHz, (d) 6 MHz.
6. La diferencia entre las frecuencias portadoras de sonido en dos canales adyacentes es (a) 0,25 MHz, (b) 1,25 MHz, (c) 4,5 MHz, (d) 6 MHz.
7. La transmisión en línea visual tiene una característica de propagación para (a) banda de VHF y frecuencias altas, (b) banda VHF pero no banda UHF, (c) radiofrecuencias inferiores a 1 MHz, (d) señal AM de imagen, pero no señal FM de sonido.
8. En el canal 14 (470 a 476 MHz), la señal de color de 3,58 MHz es transmitida en (a) 471,25 MHz, (b) 473,25 MHz, (c) 474,83 MHz, (d) 475,25 MHz.
9. La diferencia entre la portadora de sonido y las frecuencias subportadoras de color (a), 4,5 MHz, (b) 1,25 MHz, (c) 0,92 MHz, (d) 0,25 MHz.
10. La máxima desviación de la señal FM de sonido, en kilohercios es (a) 10, (b) 25, (c) 75, (d) 100.

PREGUNTAS DE ENSAYO

1. Definir la transmisión negativa. Explicar una ventaja.
2. Nombrar una ventaja y una desventaja de la transmisión en la banda lateral residual.
3. Para los canales que siguen, enumerar las frecuencias de la portadora de imagen y de la portadora de sonido, y sus separaciones de frecuencia: canales 2, 5, 7, 13, 14 y 83.

11-4 **a.** 67,25 MHz
b. 70,25 MHz
c. 70,83 MHz
d. 71,75 MHz

11-5 **a.** 25 kHz
b. 4,5 MHz
c. 80%

11-6 **a.** ± 1000 Hz
b. A5C
c. 10 kHz

11-7 **a.** F
b. V
c. V
d. V

11-8 **a.** Señal de ida o ascendente
b. Señal de vuelta o descendente
c. 1000
d. 3 a 5°

12

Receptores de televisión

Los circuitos de televisión utilizan tres señales, incluyendo la de croma para el color. Una es la señal portadora FM de sonido con una señal de audio para el altavoz. La más importante es la señal portadora AM de imagen, modulada con la señal de vídeo para el tubo de imagen. En los receptores de color, la tercera señal es la de croma de 3,58 MHz colorplexada, que es una parte de la señal portadora de imagen. En cuanto a señales de banda base, el receptor necesita señales de audio, vídeo de luminancia y vídeo de color. Las tres señales hacen que sea posible ver la imagen y oír el sonido.

Además de los circuitos de señal, el receptor de televisión tiene circuitos de deflexión horizontal y vertical para producir la exploración de la trama. Finalmente, una vez que la imagen está en la trama, es necesaria la sincronización. La sincronización o sincronismo de la deflexión incluye los impulsos *H* y *V* que sincronizan o temporizan los circuitos de exploración para mantener la imagen fija en la trama.

Primero se describirán los receptores en blanco y negro. La figura 12-1 muestra un receptor monocromático de 12 pulgadas. La vista frontal está en la figura 12-1 y en la figura 12-2 está ilustrada una vista interior de los componentes del chasis con la cubierta quitada.

Los requisitos adicionales para los receptores de televisión en color se describen en el capítulo 14. Además, se analizan más detalles de los circuitos de sincronismo y deflexión en el capítulo 13, para los receptores monocromáticos o de color. Los temas de este capítulo son:

12-1 Bloques funcionales para la señal
12-2 Bloques funcionales para el sincronismo y la deflexión
12-3 Control automático de ganancia
12-4 Requisitos de potencia de c.c.
12-5 Sección de RF
12-6 Sección de FI
12-7 Detector vídeo
12-8 Sección del amplificador vídeo
12-9 Componente de c.c. de la señal vídeo
12-10 La sección FI de sonido de 4,5 MHz
12-11 Localización de averías de los circuitos de señal
12-12 Monitor de TV con componentes modulares

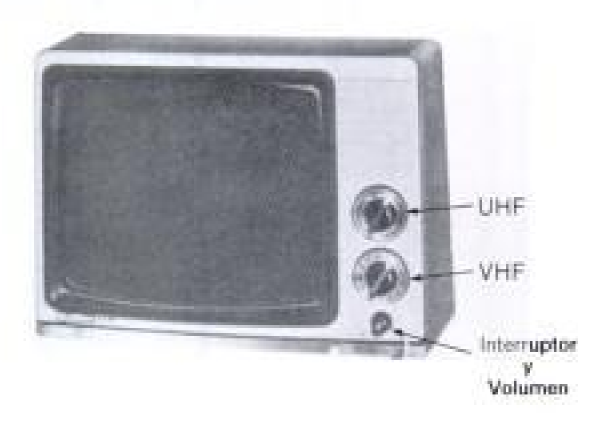


Fig. 12 - 1. Receptor monocromático de 12 pulgadas. El chasis está ilustrado en la figura 12 - 2. (Quasar Company.)

12-1 Bloques funcionales para la señal

La figura 12-3 es un diagrama de bloques de un receptor monocromático. Los bloques sombreados indican circuitos de señal RF-FI. El receptor es fundamentalmente un circuito superheterodino. Una etapa de oscilador local en el sintonizador RF de la sección anterior o de entrada, bate o heterodina la señal RF para obtener las frecuencias intermedias del amplificador FI. Luego son convertidas todas las señales de RF de las diferentes estaciones a los mismos valores de FI del receptor. Los valores normalizados de FI para los receptores de televisión son:

45,75 MHz para la señal FI portadora de imagen

41,25 MHz para la señal FI portadora de sonido

Casi toda la amplificación de señal la realizan en el receptor las secciones amplificadoras de FI. Primero aparece la señal vídeo en la salida del detector vídeo. El detector tiene entrada de señal FI modulada y salida de señal de la banda base.

Señal de sonido. En la salida del detector vídeo hay incluida una señal de sonido de 4,5 MHz. Esta señal es producida por un segundo proceso de heterodinaje en que la señal FI de sonido de 41,25 MHz bate con la portadora FI de imagen en 45,75 MHz. La frecuencia diferencia es 45,75 — 41,25 = 4,5 MHz. El receptor es realmente un doble superheterodino de la señal de sonido. En el detector vídeo, la portadora FI de imagen sirve

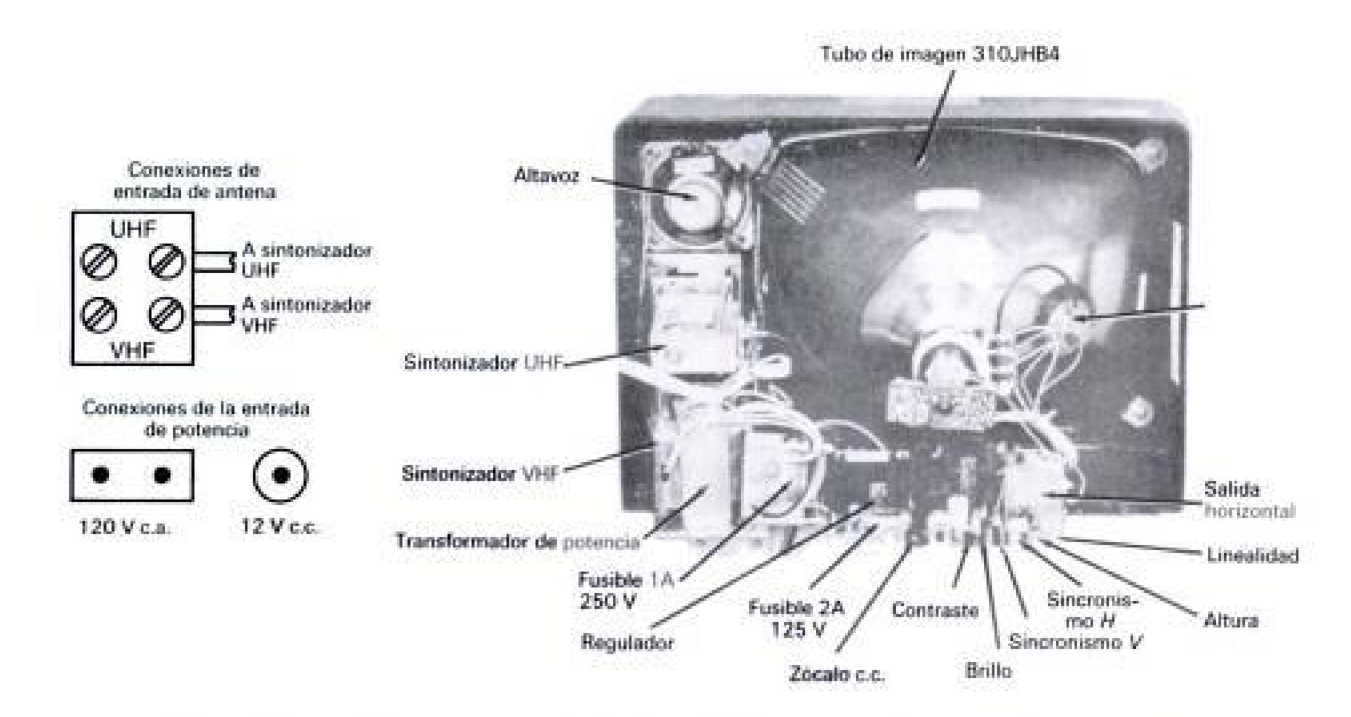


Fig. 12 - 2. Vista posterior del receptor de la figura 12 - 1 sin la cubierta. (Quasar chasis 12TS-628.)

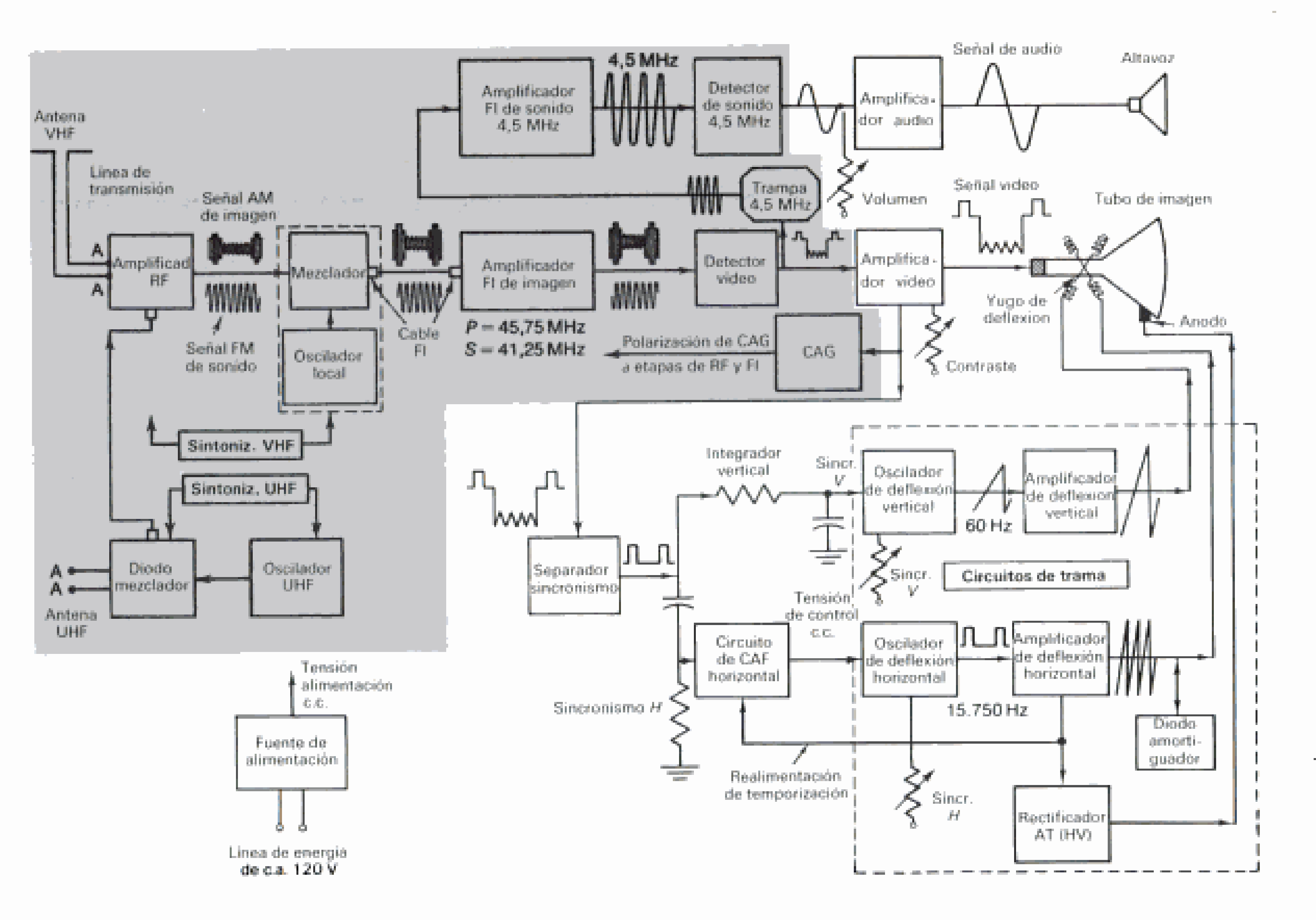


Fig. 12 - 3. Funciones de los circuitos en un receptor de televisión. P *es la señal portadora de imagen;* S *es la señal portadora de sonido. El área sombreada corresponde a la sección RF-FI. Las formas de onda no están representadas a escala.*

como frecuencia del oscilador local que bate con la señal FI de sonido.

La frecuencia de sonido de 4,5 MHz es todavía una señal FM con la modulación de frecuencia original, pero de una frecuencia central más baja. Lo más importante es que la señal de sonido es independiente de la frecuencia exacta del oscilador local en el sintonizador RF del receptor, porque 4,5 MHz es la diferencia entre las frecuencias portadoras producidas por el transmisor.

La señal de sonido se extrae mediante una trampa de onda de 4,5 MHz que está acoplada al amplificador FI de banda estrecha sintonizado a 4,5 MHz. Luego es recuperada la frecuencia original por un detector FM, tal como un detector de relación, para producir la salida de audio deseada. Un amplificador de audio provee la potencia necesaria para excitar al altavoz. El control de volumen situado en el panel frontal es usualmente la entrada al amplificador de audio.

Salidas del detector de vídeo. El detector es un pequeño diodo a semiconductor, pero en virtud de la rectificación da las tres señales siguientes:

1. Señal de vídeo compuesta para el videoamplificador que excita al tubo de imagen. Además, el amplificador vídeo suministra la señal para:
   a. El separador de sincronismo, que separa de la señal vídeo compuesta los impulsos de sincronización.
   b. El circuito de control automático de ganancia (CAG), que controla la ganancia de las etapas RF y FI.
2. La señal de croma de 3,58 MHz, que se utiliza en los circuitos de color de los receptores de televisión en color.
3. La señal de sonido FM de 4,5 MHz, que es acoplada a la sección FI de sonido de 4,5 MHz.

Las señales de vídeo y de croma son producidas cuando el detector recupera la modulación incorporada en la señal portadora de imagen.

Camino de la señal vídeo. La señal de vídeo para el tubo de imagen controla la corriente del haz y, por tanto, el brillo de la mancha o punto que realiza la exploración. En consecuencia, la modulación de la intensidad del haz reproduce la información de la imagen. El amplificador vídeo genera la suficiente tensión de señal, de hasta 200 V p-p, para excitar el tubo de imagen desde el corte para el negro y luego hasta casi tensión nula entre rejilla y cátodo para el máximo blanco.

Un control de contraste incorporado en el panel frontal varía la ganancia del amplificador vídeo. Ajustando la señal pico a pico de c.a. que excita al tubo de imagen se varía el contraste. El control de brillo ajusta la polarización de c.c.

Camino de la señal de sincronismo. El separador de sincronismo es un circuito amplificador que se mantiene en corte, pero que con la presencia de los impulsos de sincronismo se pone en conducción. La señal de entrada es la señal de vídeo compuesta que proviene del amplificador de vídeo. La salida son los impulsos de sincronismo para las exploraciones *V* y *H*, pero sin la información de imagen.

Luego son acoplados los impulsos de sincronismo a los osciladores de exploración vertical y horizontal. El oscilador de deflexión *H* recibe íntegros los impulsos de sincronismo, ya que el sistema de bucle de enganche de fase que controla la sincronización del oscilador horizontal no es afectado por los anchos impulsos de sincronismo vertical. Sin embargo, los impulsos alimentados al oscilador de deflexión *V* son procesados por un circuito integrador *RC*. Esta red es un filtro de paso bajo a causa del condensador shunt. El integrador no es afectado por los impulsos estrechos del sincronismo horizontal, pero desarrolla el impulso de salida necesario para el sincronismo *V*. El condensador se carga por el ancho impulso vertical.

Preguntas de prueba 12-1
Respuestas al final del capítulo

¿Cuáles son las frecuencias de las siguientes señales?

a. Portadora FI de imagen.
b. Segunda portadora FI de sonido.
c. Croma después del detector de vídeo.
d. Sincronismo vertical.

12-2 Bloques funcionales para el sincronismo y la deflexión

Se pueden considerar a los osciladores de deflexión *V* o *H* como punto de partida para la deflexión. Cada uno de ellos es un circuito oscilador de funcionamiento libre que genera salida con o sin señal de entrada. Sin embargo, para controlar la frecuencia del oscilador se utiliza la entrada de

en que la demanda de corriente es pequeña. El filtrado se simplifica a causa de que la frecuencia de ondulación es alta en 15.750 Hz, en lugar de 60 Hz.

La tensión c.c. de alimentación para los amplificadores se designa por B^+ o bien por V^+, desde los días en que se utilizó una batería B. A menudo se utiliza un regulador de tensión para la alimentación V^+. El regulador mantiene una tensión c.c. de salida constante con cambios en la corriente de carga.

En los equipos portátiles o transportables la tensión c.c. de alimentación la proporciona una batería. Los receptores pequeños de televisión suelen funcionar con baterías o bien con la línea de distribución de energía c.a. En la figura 12-2, el receptor tiene ambos tipos de conexiones para la entrada de potencia. El jack de entrada de c.c. es para +12 V de la batería del coche o de la embarcación.

La clavija para la entrada de c.a. de 120 V está unida a la tapa posterior del receptor. Como enclavamiento de seguridad, la clavija se desconecta cuando se abre la tapa. Para funcionar el receptor temporalmente sin la tapa, se utiliza un cordón del mismo tipo que la clavija. En los receptores que utilizan fuentes de alimentación sin transformador, la clavija está polarizada con una patilla más ancha para el conductor conectado a masa de la entrada de c.a.

Preguntas de prueba 12-4
Respuestas al final de capítulo

a. La tensión normal c.c. de la fuente de alimentación para los amplificadores de pequeña señal con transistor, ¿es de 18 o es de 400 V?
b. ¿Es normalmente de 400 V, o de 25 kV, la alta tensión anódica del tubo de imagen en color?
c. El retorno horizontal, ¿tiene lugar en el tiempo de traza o en el tiempo de retraza?

12-5 Sección de RF

El sintonizador RF, o *sección de entrada*, es la parte de convertidor de frecuencia en el receptor superheterodino. El sintonizador acepta las señales de antena en las frecuencias de todos los canales. Estas señales son convertidas en una sola banda de frecuencias en el amplificador FI de paso de banda para el amplificador FI de sintonía fija. La salida del sintonizador RF es el comienzo de la sección FI.

Canales VHF y UHF. El sintonizador está realmente compuesto por dos unidades. Una cubre la banda de VHF de los canales de televisión 2 a 13. La otra sintoniza la banda UHF de los canales de televisión 14 a 83. Sin embargo, ahora se utilizan para servicios de comunicaciones los canales 70 a 83. Ambas unidades están montadas como un conjunto común, tal como muestra el receptor de la figura 12-2. El conjunto está montado en el panel anterior de la caja del receptor porque así resulta cómodo utilizar el selector de estaciones. No obstante, se observará que para sintonizadores de varactor con conmutadores de botón pulsador se puede utilizar cualquier posición para un canal de VHF o UHF.

En la figura 12-2 hay dos pares de terminales roscados para la conexión de entrada de antena. Un par es para la línea de transmisión de 300 Ω, de conductor bifilar equilibrada desde la antena VHF. Estas conexiones van al sintonizador VHF. El otro par conecta los canales UHF al sintonizador UHF.

Algunos receptores tienen también un jack de entrada para el cable de TV. Esta conexión es para el cable coaxial de 75 Ω que va al sintonizador VHF, ya que para la tensión por cable se utilizan sólo los canales VHF. Cuando el receptor no tiene este jack para la entrada de cable, se utiliza un pequeño balun para convertir la conexión de los 75 Ω desequilibrada en la equilibrada de 300 Ω de la entrada del receptor. Una línea equilibrada no tiene ningún conductor conectado a masa.

La salida de FI del sintonizador RF está conectada al chasis principal por una corta longitud de cable coaxial de 75 Ω. El sintonizador VHF provee la salida de FI. El sintonizador UHF alimenta al sintonizador VHF.

Diagrama de bloques del sintonizador VHF. Referencia a la figura 12.10. La primera etapa del sintonizador VHF es el amplificador RF, o *preselector*. Su entrada es la señal de RF para los canales de TV, desde la antena o el cable. La señal del canal deseado es amplificada para excitar a la etapa del mezclador.

El preselector es un amplificador de radiofrecuencia sintonizado (TRF). Sus circuitos sintonizados son cambiados cada vez que se selecciona un nuevo canal. El ancho de banda es suficientemente grande para cubrir los 6 MHz necesarios

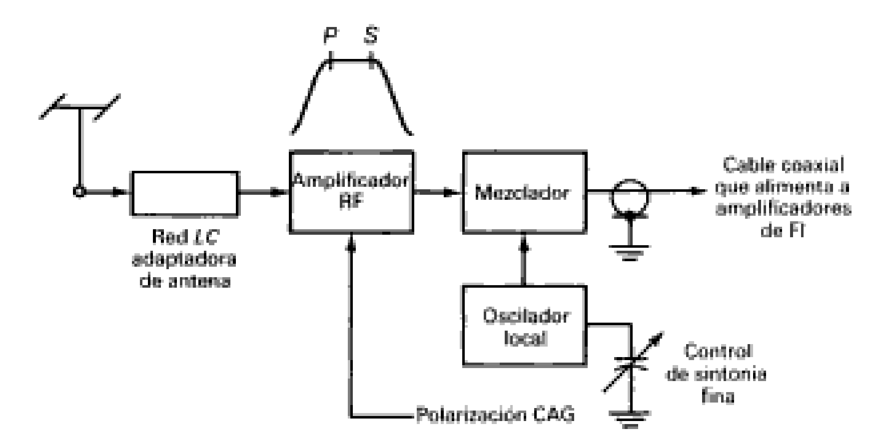


Fig. 12 - 10. Diagrama de bloques del sintonizador VHF.

en cada canal con el fin de incluir las frecuencias portadoras de sonido y de imagen. Estas señales están designadas por *P* y *S* en la curva de respuesta RF.

La ganancia del amplificador RF cambia con el nivel de la señal de entrada, a causa del control por polarización del CAG. Con niveles bajos de señal, menores de 2 mV, el amplificador RF funciona con la máxima ganancia. Esta ganancia es muy importante para lograr una buena *relación señal/ruido* en el mezclador. En un circuito superheterodino, el mezclador es la principal fuente de ruido del receptor, que produce nieve en la imagen. El nivel de la señal RF aplicada al mezclador es el factor principal de la relación señal/ruido del receptor. Por tanto, la etapa RF debe funcionar como un amplificador de bajo ruido con señales débiles.

Cuando es acoplada una señal muy fuerte de antena al amplificador, éste desempeña una función diferente. La etapa debe actuar como un atenuador para que las etapas siguientes no resulten sobrecargadas con demasiada excitación de señal. La polarización del CAG controla la ganancia del amplificador RF cuando sea necesario con señales débiles y fuertes.

La *etapa del mezclador* es alimentada con dos señales de entrada. Una es la señal amplificada de canal de la etapa del preselector y la otra es la señal de onda continua (CW) del oscilador local. Éste está sintonizado a una frecuencia determinada para cada canal. Usualmente, el oscilador bate por encima de las frecuencias RF del canal. El valor de la FI es la diferencia de frecuencia. Por ejemplo, para la señal portadora de imagen de 175,25 MHz en el canal 7, la frecuencia del oscilador es 175,25 + 45,75 = 221 MHz. Es la frecuencia del oscilador la que determina qué señales de canal llegan a través de la sección de FI. Un control de nonio, llamado de *sintonía fina*, provee la sintonía precisa del oscilador para lograr la mejor imagen.

La simple adición de dos señales RF no produce heterodinaje. Para producir salida en las frecuencias suma y diferencia, la etapa del mezclador debe rectificar la forma de onda combinada de la señal RF y de la salida de CW del oscilador. Esto significa que la etapa del mezclador es un amplificador no lineal. Los mezcladores a transistor funcionan con polarización casi cero, de lo que resulta amplificación clase B.

Inversión de frecuencia de la salida FI del mezclador. Cuando la frecuencia del oscilador local bate por encima de las frecuencias RF de señal, las frecuencias de las portadoras de imagen y sonido resultan invertidas en cuanto a cuál de ellas es la más alta. Esta acción está ilustrada en la figura 12-11 con valores numéricos para el canal 7. El canal es 174 a 180 MHz. Su portadora RF de imagen *P* es de 175,25 MHz, con el sonido *S* en 179,75 MHz. La frecuencia del oscilador local es

$$175{,}25 + 45{,}75 = 221 \text{ MHz}$$
$$179{,}75 + 41{,}25 = 221 \text{ MHz}$$

Los valores de FI se producen como diferencias de frecuencias resultantes de *P* o *S* batiendo con la frecuencia del oscilador de 221 MHz. El valor de *S* en la salida de FI es más bajo debido a que la frecuencia está más próxima, lo cual significa una diferencia menor. Las frecuencias portadoras de RF y FI se pueden tabular como sigue:

	RF	FI
Imagen	175,25	221 − 175,25 = 45,75
Sonido	179,75	221 − 179,75 = 41,25

Las frecuencias *P* y *S* están todavía separadas 4,5 MHz, pero la señal portadora de sonido es ahora 4,5 MHz más baja que las frecuencias intermedias. La misma inversión ocurre con las frecuencias vídeo de modulación. Las frecuencias de las señales vídeo de la banda base alta (que corresponden a los detalles finos de la imagen) son más altas que la frecuencia RF portadora de imagen cuando es transmitida la señal. Sin embargo, cuando son convertidas a las frecuencias intermedias, las mismas frecuencias vídeo altas son inferiores a la frecuencia portadora de imagen.

Aislamiento por el amplificador RF. En esta función importante, la etapa RF separa del circuito de la antena el circuito del mezclador. La razón es que el preselector es sintonizado solamente a las

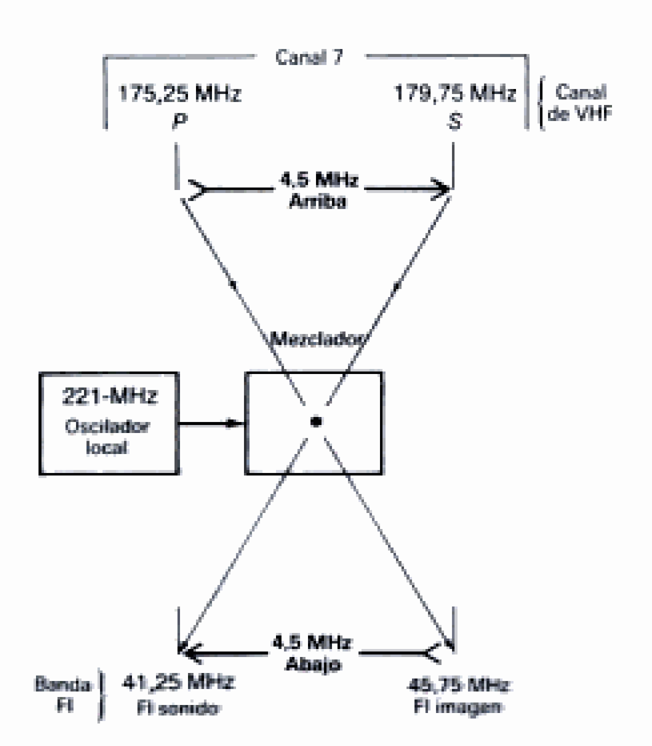


Fig. 12 - 11. El proceso de heterodinaje invierte las posiciones relativas de las frecuencias portadoras de imagen y sonido dentro del canal de 6 MHz.

radiofrecuencias contenidas en el canal seleccionado. Así se solventan dos dificultades. En primer lugar, se atenúan por la etapa RF cualesquiera señales RF interferentes exteriores al canal que existan en el circuito de antena. Recuérdese que una desventaja del circuito superheterodino es el hecho de que cualquier señal que bata con el oscilador para producir salida de FI también será recibida con la señal deseada.

El segundo problema es la atenuación de la etapa RF en sentido inverso, desde el mezclador hasta la antena. Esta característica es muy importante para evitar que la señal del oscilador local, que está en la entrada del mezclador, llegue a la antena. Cualquier radiación del oscilador desde la antena es una fuente de interferencias para otros equipos. Los requisitos del certificado expedido por la FCC están destinados a evitar que el receptor de TV pueda emitir señales interferentes por la radiación del oscilador.

Sintonizador UHF. El sintonizador UHF es fundamentalmente análogo al sintonizador VHF, pero sus requisitos de diseño son diferentes a causa de las frecuencias más altas de la banda UHF. Una diferencia es que a menudo el sintonizador UHF no incluye una etapa amplificadora de RF. Los amplificadores RF de bajo ruido para la banda UHF son caros. El mezclador generalmente consiste en un diodo de alta frecuencia. En consecuencia, todo el circuito de entrada RF es pasivo, sin amplificación. El oscilador local utiliza un transistor UHF. Lo mismo que en el sintonizador VHF, el oscilador UHF bate por encima de la señal RF, que es 45,75 MHz más alta que la frecuencia portadora de imagen del canal UHF seleccionado. La reglamentación de la FCC en cuanto a la radiación del oscilador local es menos exigente para la UHF que para la VHF a causa de que los sintonizadores de UHF no tienen etapa amplificadora de RF.

La salida de FI del sintonizador UHF no es aplicada directamente al amplificador de FI, sino que la señal FI es alimentada al sintonizador VHF. Este circuito se transforma en dos etapas de amplificación FI adicional cuando funciona el sintonizador UHF.

Cuando el selector de estaciones está en la posición de UHF en los sintonizadores mecánicamente conmutados, ocurren los siguientes cambios:

1. En el sintonizador VHF los circuitos de entrada del amplificador RF y del mezclador están sintonizados a la banda de paso FI.

2. La tensión c.c. de alimentación es conectada al sintonizador UHF para activar su oscilador local.
3. El oscilador local VHF queda inhibido.
4. La alimentación de antena VHF es desconectada para sustituir la salida FI del sintonizador UHF.

Sintonizadores de varactor. El *varactor* es un diodo cuya capacidad cambia con la tensión inversa. Entonces la frecuencia del oscilador cambia por variación de la tensión c.c. de control en el diodo varactor. Los sintonizadores de varactor suelen tener conmutadores de botón pulsador para los canales, en lugar de un conmutador selector de estaciones giratorio. Los circuitos sintonizados por varactor tienen un nivel de ruido más alto que los circuitos pasivos *LC*. Así en los sintonizadores UHF de varactor es necesaria una etapa de amplificador RF para mejorar la relación señal/ruido.

Los sintonizadores con varactor son más caros que los de tipo de conmutador giratorio, pero comúnmente se emplean para mayor comodidad en la operación de control remoto y para que se pueda lograr más rápidamente la sintonía cuando se cambian los canales. La figura 12-12 muestra el teclado para la selección de canales con un sintonizador de varactor. La sintonía electrónica con los circuitos de varactor hace posible una rápida selección de cada canal. Obsérvese que los canales son seleccionados por números de dos dígitos, tales como 04 para el canal 4. Los circuitos digitales se utilizan para procesar las señales de manipulación de los canales. El canal 26 de la figura 12-12 es para TV por cable. Se emplea el mismo tipo de teclado en una unidad separada para la sintonía por control remoto. El transmisor remoto emite luz infrarroja que es captada por el receptor para activar el sintonizador.

Preguntas de prueba 12-5
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Bate el oscilador local por encima, o por debajo, de las frecuencias de señal RF?
b. ¿Qué etapa del sintonizador es más eficaz para reducir la radiación del oscilador?
c. ¿Qué etapa produce el mayor ruido del receptor?
d. ¿Cuál es la frecuencia del oscilador local para la sintonía del canal 14?
e. ¿A qué etapa del receptor se aplica la señal de salida del mezclador VHF?

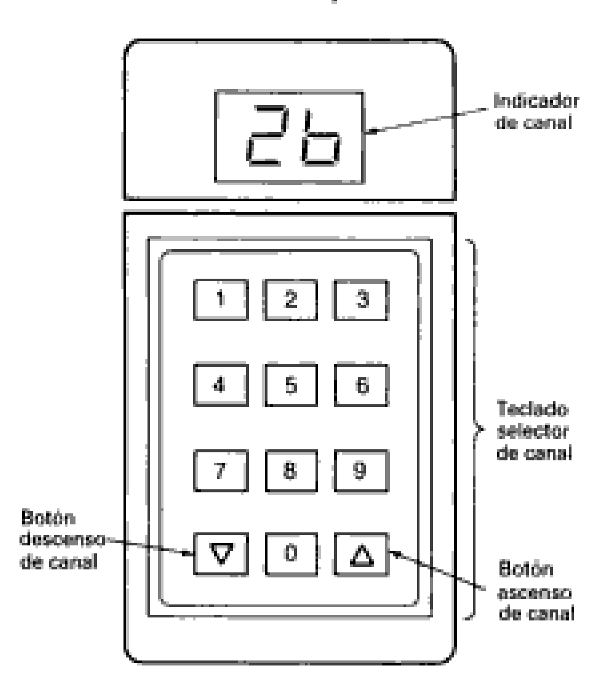


Fig. 12 - 12. Teclado para la selección de canales con sintonizador de varactor. (Quasar modelo TS-971.)

12-6 Sección de FI

El amplificador de FI acepta sólo las frecuencias intermedias de la salida de la etapa mezcladora a causa de que estos circuitos están sintonizados para la señal de FI. No hay ganancia para la entrada RF original y las frecuencias suma. Solamente es amplificada la señal de FI.

La función primordial de la sección FI es elevar el nivel de la señal hasta el punto en que pueda ser detectada la envolvente de AM. Generalmente se emplea un diodo semiconductor como rectificador de media onda para detectar la señal de FI. Para la detección lineal es necesario un nivel de señal de, por lo menos, 0,5 V. Así pues, la sección de FI consiste en dos o tres amplificadores en cascada con una ganancia total de tensión de aproximadamente 10.000. Por ejemplo, con una señal de FI de 0,2 mV del mezclador, la salida amplificada para el detector vídeo es igual a 2 V. En la figura 12-13 está representado un diagrama de bloques de la sección amplificadora de FI y del detector vídeo, acompañado de la curva de respuesta FI. Obsérvese que la señal FI de imagen de 45,75 MHz y la señal FI de sonido de 41,25 MHz están amplificadas en la sección de FI común. La señal de croma de 3,58 MHz colorplexada es parte de la señal de imagen.

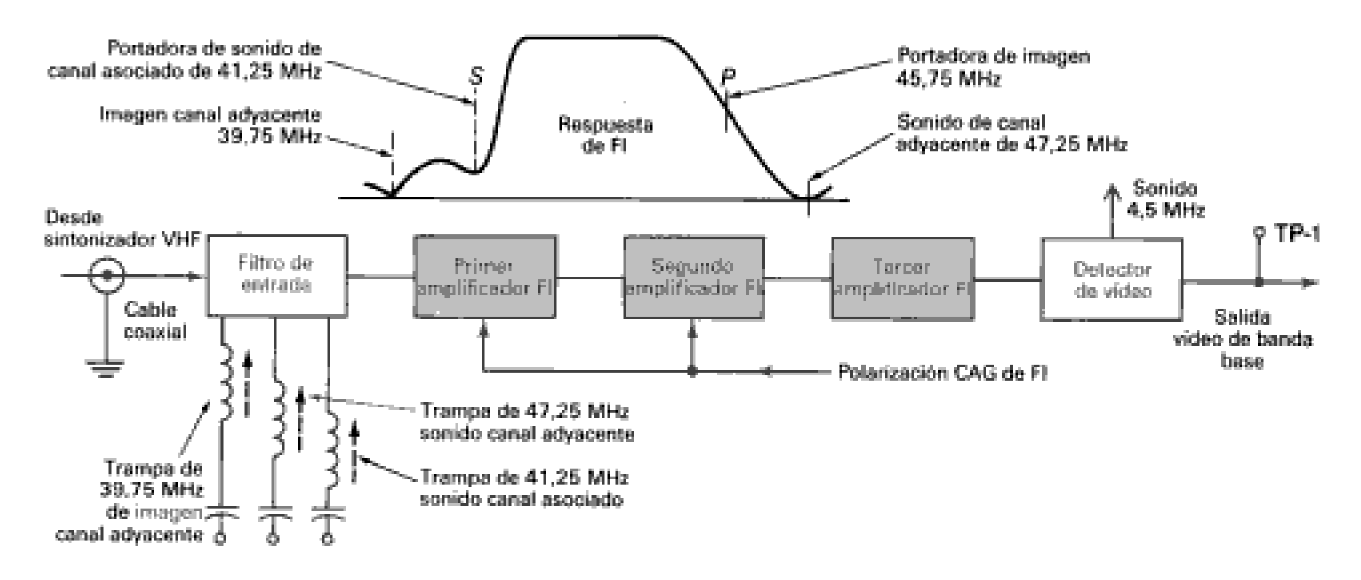


Fig. 12 - 13. Diagrama de bloques de sección amplificadora de FI con respuesta de FI. Las trampas de onda producen hendiduras en la curva.

Ancho de banda de FI. En los primeros receptores de TV se empleó un sistema de sintonía escalonada en las etapas FI para obtener la anchura de banda necesaria. Ahora la forma de la curva global de respuesta de FI está determinada principalmente por los circuitos de FI que acoplan la salida del mezclador del sintonizador al primer amplificador de FI. De esta manera, son rechazadas las señales no deseadas antes de ser amplificadas, lo cual evita el problema de la modulación cruzada en las etapas posteriores. Además, se utilizan trampas de onda para rechazar la interferencia de canales adyacentes.

El circuito de salida del mezclador es normalmente un transformador sobreacoplado de doble sintonía. Hay trampas de onda insertadas en el circuito secundario. Esta parte de la sección FI está indicada como filtro de entrada a la izquierda en la figura 12-13. En un sistema más moderno se utiliza un componente especial llamado *filtro de onda acústico de superficie (SAW)*, que no requiere circuitos *LC* resonantes.

Trampas de onda de FI. Además de su ganancia para la señal deseada, el amplificador de FI provee la selectividad de canal adyacente del receptor para rechazar la interferencia. La respuesta de FI en los extremos de la banda de paso está determinada por los circuitos trampa *LC*. Estos circuitos cortan las faldas en la curva de respuesta reduciendo la ganancia de FI en las frecuencias de la trampa. Como muestra el filtro de entrada FI de la figura 12-13, las frecuencias de la trampa son:

39,75 MHz para la portadora de imagen del canal adyacente superior.
41,25 MHz para la portadora de sonido de canal asociado.
47,25 MHz para la portadora de sonido de canal adyacente inferior.

Las frecuencias de los canales RF adyacentes se estudian en el capítulo 11. Como el sintonizador RF no tiene suficiente selectividad para rechazar los canales adyacentes, la atenuación se obtiene por el amplificador FI. Aquí, la interferencia del canal adyacente de cualquier canal depende siempre de las frecuencias que deje pasar la trampa de FI, por lo que, para conformar la curva de respuesta FI, la trampa puede ser de sintonía fija.

Respuesta del 50 % de la portadora FI de imagen. En la figura 12-13 la ganancia en 45,75 MHz es sólo la mitad del valor de las frecuencias de la parte plana de la respuesta. Puede parecer raro que haya menos ganancia para la frecuencia de la portadora de imagen, pero es necesaria esta respuesta para compensar la transmisión de banda lateral residual, como se explica en el capítulo 11.

En la señal RF de imagen son transmitidas dobles bandas laterales de las frecuencias de mo-

dulación vídeo más bajas, de hasta aproximadamente 0,75 MHz. Las frecuencias moduladoras de vídeo más altas, de hasta 4 MHz, son transmitidas con sólo la banda lateral superior. El efecto es un refuerzo relativo de la energía de videofrecuencias de ± 0,75 MHz con respecto a la frecuencia portadora de imagen. Con la respuesta de FI del 50 % para *P*, el aumento de energía RF es cancelado por la reducción de ganancia de FI. Por tanto, en los sistemas en conjunto del transmisor y del receptor son ecualizadas las frecuencias vídeo en la salida del detector vídeo.

Preguntas de prueba 12-6
Respuestas al final del capítulo

a. ¿La señal FI de sonido de 41,25 MHz es 4,5 MHz superior, o inferior, a la señal de imagen?
b. ¿A qué es igual la respuesta FI de 45,75 MHz: al 10, al 50 o al 100 %?
c. ¿Está determinada la selectividad de canal del receptor por las trampas del FI, o por las trampas de RF?
d. ¿Qué etapa del receptor de televisión es excitada por la sección de FI?

12-7 Detector vídeo

La señal del amplificador final FI excita al detector vídeo como muestra la figura 12-14. Este detector es normalmente un rectificador a diodos de alta frecuencia con un filtro en su circuito de salida, que desacopla las componentes de ondulación FI. El circuito de salida del detector vídeo es donde primero se puede ver la señal vídeo compuesta de la banda base con un osciloscopio.

Polaridad del detector vídeo. La polaridad se refiere a sincronismo positivo o negativo en la salida de la señal vídeo. Hay dos posibilidades, que dependen de dónde está conectado el resistor de carga del diodo R_L:

1. El resistor R_L puede estar en el retorno de cátodo del diodo. Entonces el sincronismo es positivo con respecto a la masa del chasis. Ordinariamente la entrada de la señal FI está entonces en el ánodo del diodo.
2. El resistor R_L puede estar en el circuito de ánodo del diodo. Entonces el sincronismo es negativo. Usualmente la entrada de la señal FI está entonces en el cátodo del diodo.

Recuérdese que la señal de imagen modulada tiene su máxima amplitud en el pico de sincronismo. Esta amplitud produce la salida de tensión del pico entre los extremos de R_L.

La polaridad del detector se elige de modo que satisfaga los requisitos del amplificador vídeo que excita al tubo de imagen y provea algún grado de reducción de ruido. La excitación por cátodo en el tubo de imagen es casi universal. Así la polaridad de la salida de señal del amplificador vídeo tiene sincronismo positivo. El propio amplificador vídeo es ordinariamente un amplificador inversor. Su entrada debe tener sincronismo ne-

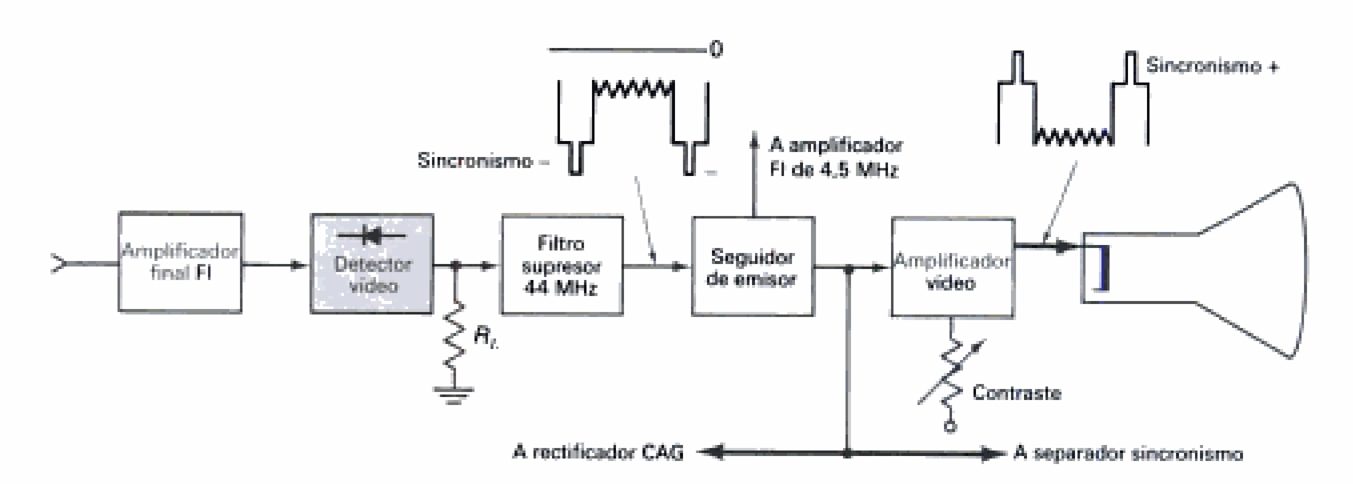


Fig. 12 - 14. Diagrama de bloques del detector vídeo y del amplificador vídeo para receptor de TV en blanco y negro. El seguidor de emisor no invierte la polaridad de la señal vídeo.

gativo para una sola etapa. La mayoría de receptores TV en blanco y negro con amplificador tienen salida de sincronismo negativo del detector vídeo como muestra la figura 12-14. Una ventaja de esta polaridad es que los impulsos de ruido que exceden del pico de sincronismo en la entrada del amplificador vídeo pueden ser recortados.

Los receptores de TV en color pueden utilizar dos amplificadores vídeo inversores. Entonces la salida del detector vídeo tiene polaridad positiva de sincronismo. Dos inversiones proporcionan excitación positiva del sincronismo en el cátodo del tubo de imagen. Todavía puede ser realizada la supresión de ruido utilizando un transistor PNP en el primer amplificador vídeo.

Respuesta de frecuencia del detector. En la salida se utiliza un filtro de paso bajo para eliminar la ondulación de FI y que permite el paso de la señal vídeo de la banda base. Además, la señal segunda de FI de sonido de 4,5 MHz se toma del detector vídeo en los receptores monocromáticos. El ancho de banda necesario para el circuito de salida del detector vídeo es de 0 Hz a 4,5 MHz. En la figura 12-14, el filtro supresor o eliminador de banda de 44 MHz en la salida del detector de vídeo impide que la señal FI llegue al amplificador de vídeo.

Los 0 Hz significan corriente continua. En otras palabras, la salida del detector tiene el nivel de c.c. de la señal demodulada. Realmente, la entrada de la señal FI al detector se puede verificar midiendo la salida de c.c. con un voltímetro de c.c. entre los extremos de R_L.

Preguntas de prueba 12-7
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. La figura 12-14 representa salida negativa del sincronismo del detector vídeo.
b. El seguidor de emisor en la figura 12-14 no invierte la polaridad de la señal.

12-8 Sección del amplificador vídeo

La función primordial del amplificador de vídeo es proveer la excursión de tensión necesaria para excitar el tubo de imagen desde el corte, para el borrado, hasta prácticamente la tensión nula entre rejilla y cátodo, para el blanco máximo o de pico. En valores p-p, esta excursión de señal puede variar desde aproximadamente 30 V en los tubos de imagen pequeños hasta aproximadamente 200 V. Con una señal de 1 V aproximadamente del detector vídeo, la ganancia necesaria de tensión en el amplificador vídeo es de 30 a 200.

La tensión c.c. de alimentación para el amplificador vídeo debe ser mayor que la excursión p-p de la señal. Por esta razón, el amplificador vídeo en un receptor de estado sólido tiene usualmente su propia alimentación de potencia para la salida vídeo. Normalmente, el rectificador es excitado por los impulsos de entrada obtenidos desde la etapa de salida horizontal.

Ordinariamente el control de ganancia está provisto en el amplificador vídeo para permitir el ajuste del contraste de la imagen. Como ilustra la figura 12-14, el control de contraste varía la ganancia del amplificador de la señal c.a. de vídeo. La ganancia debe ser variada sin alteración del punto c.c. de trabajo, para que se mantenga lineal el funcionamiento.

Seguidor de emisor como etapa separadora (buffer). Además de excitar al tubo de imagen, la sección del amplificador vídeo puede ser el punto de alimentación para lo siguiente:

1. Circuito CAG
2. Separador del sincronismo
3. La señal de sonido de 4,5 MHz

Esta disposición está ilustrada por la sección vídeo en la figura 12-14 de un receptor en blanco y negro. En los receptores en color, se utiliza un detector de sonido independiente, en lugar del detector vídeo, para la señal segunda de FI de sonido de 4,5 MHz.

Obsérvese el uso de un seguidor de emisor en la figura 12-14 como etapa separadora entre el detector vídeo y el amplificador vídeo. Primero, el seguidor de emisor no invierte la polaridad de la señal. El amplificador vídeo tiene todavía una señal vídeo con sincronismo negativo desde el detector. Segundo, y lo que es más importante, el seguidor de emisor provee la adaptación de impedancias. Tiene una impedancia alta de entrada, lo que permite que el detector vídeo trabaje en una carga de alta impedancia. La etapa separadora provee también una baja impedancia de fuente para alimentar los circuitos de CAG y separador de sincronismo. Esta disposición reduce la distorsión de amplitud que puede ser originada por una intensa corriente de carga durante los picos de sincronismo.

El control de contraste está en el amplificador vídeo y no en la etapa separadora. Así cualquier variación en la posición o ajuste del control no afecta a la amplitud de la señal aplicada a los circuitos de CAG y de sincronismo.

Ancho de banda del amplificador vídeo. La amplitud relativa y las variaciones de fase de las componentes de frecuencia de la señal vídeo deben ser preservadas. Teóricamente, el ancho de banda total de 4,2 MHz se puede utilizar con el canal de 6 MHz. En la imagen, los menores detalles horizontales corresponden a las frecuencias vídeo más altas. Sin embargo, desde el punto de vista práctico muy pocos receptores de TV dan una imagen con la más alta resolución posible.

La mayoría de receptores de pequeña pantalla dan una resolución de luminancia de aproximadamente 250 líneas. Este valor se traduce en un ancho de banda vídeo de aproximadamente 3,2 MHz. Por tanto, los circuitos de amplificador vídeo tienen en la práctica una respuesta de alta frecuencia de hasta 3,2 o 3,5 MHz. En los receptores en color es necesaria una respuesta de vídeo de la señal de croma de 3,58 MHz. Sin embargo, la respuesta de luminancia es todavía generalmente para una resolución de 250 líneas. Una excepción es la tendencia a la alta definición en los receptores de proyección, en que la señal de luminancia de banda ancha es más importante y que, generalmente, al ser más grande, la imagen tiene menor contraste.

Para conseguir el ancho de banda necesario para el amplificador vídeo deben ser superados los efectos shuntantes de la capacidad de unión y del alambrado. La capacidad shunt reduce la ganancia en las frecuencias de vídeo altas, aunque esto se compensa con bobinas crestadoras o correctoras de vídeo.

Preguntas de prueba 12-8
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Es variada la excitación de la señal de vídeo por el control de contraste, o por el control de brillo?
b. ¿Es suministrada la señal de entrada para el amplificador vídeo por el detector de vídeo, o por el separador de sincronismo?
c. ¿Es generalmente el ancho de banda del amplificador vídeo de un receptor monocromático de 3,2 o de 6,2 MHz?

12-9 Componente de c.c. de la señal vídeo

La componente de c.c. de la señal vídeo indica el brillo relativo en la escena con respecto al nivel de borrado. En la salida del detector vídeo, la componente de c.c. de la señal de vídeo está intacta, tal como se transmite. La razón es que la señal vídeo está presente solamente en la envolvente de modulación de la señal AM de imagen en los amplificadores RF y FI. Es necesaria la detección para recuperar la señal vídeo y su componente de c.c.

Para preservar la componente de c.c., el amplificador vídeo suele estar acoplado directamente desde la salida del detector vídeo hasta el cátodo del tubo de imagen. El acoplamiento directo, o acoplamiento de c.c., significa que no se utilizan condensadores de acoplamiento en serie. Un condensador de acoplamiento deja pasar la señal de c.a., pero bloquea su nivel medio de c.c. Sin embargo, la componente de c.c. puede ser reinsertada por un circuito restaurador.

Efecto en la señal vídeo. La pérdida de la componente de c.c. está representada en la figura 12-15.

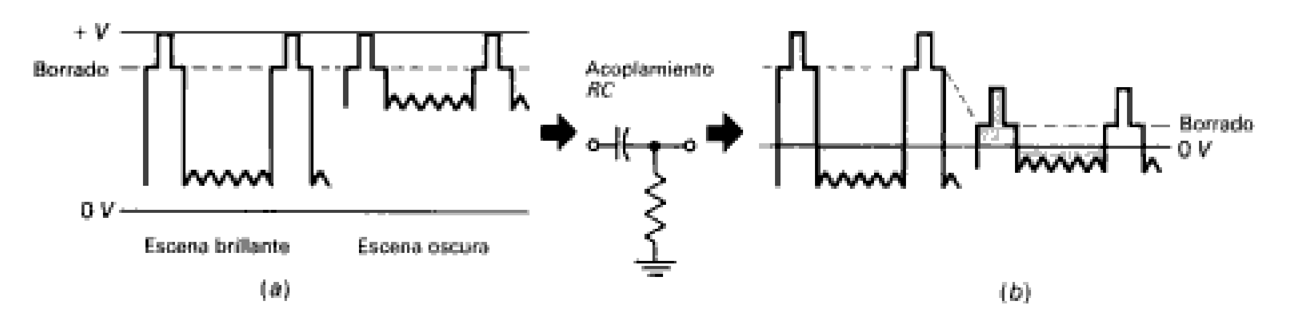


Fig. 12 - 15. Cómo afecta la pérdida de la componente de c.c. a la forma de onda de la señal vídeo. (a) Impulsos de sincronismo y borrado alineados con la componente de c.c. (b) La componente de c.c. bloqueada por el circuito de acoplamiento RC.

En la 12-15*a* la señal vídeo tiene su componente de c.c. correcta, pero está bloqueada por un circuito de acoplamiento *RC* que provee la señal en la figura 12-15*b*.

En el lado de salida, la señal del condensador de acoplamiento serie se resuelve alrededor del eje cero. El área total sobre cero debe ser igual al área total por debajo de cero, para obtener un valor promedio nulo. En consecuencia, los impulsos de sincronismo y el nivel de borrado ya no están alineados en un solo nivel de tensión. En el tubo de imagen, en que la polarización ha sido ajustada para poner el nivel de borrado al mismo nivel que el de corte con escenas brillantes, ahora el nivel de borrado estará dentro del área de conducción para escenas oscuras. Los resultados indeseables son:

1. Brillo incorrecto.
2. Líneas de retraza vertical no borradas.

En los receptores en blanco y negro estos efectos no son tan obvios. Todos los receptores utilizan borrado interno para eliminar las líneas de retraza.

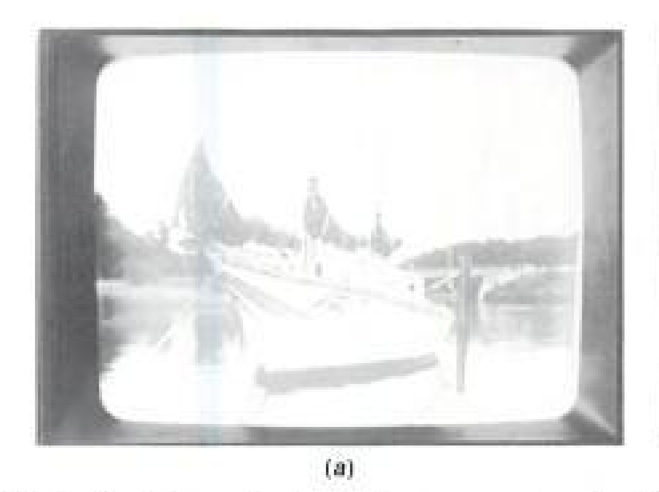
Efecto en la imagen. El brillo incorrecto puede producir efectos visuales desagradables. La figura 12-16 muestra un ejemplo de una imagen fija sobre una pared blanca. En la figura 12-16*a* la imagen tiene un equilibrio normal de blanco y negro. En la figura 12-16*b*, no obstante, la lente de la cámara fue ajustada para incluir mucha de la pared blanca en el fondo. La adición de demasiado blanco hace que las partes más oscuras de la imagen correspondan a una tensión que excede a la de corte del tubo de imagen, por lo que ésta aparece demasiado oscura. Además, no son visibles los detalles de gris oscuro. Lo mismo ocurrirá con un actor que tenga una vestimenta oscura y permanezca delante de una cortina blanca.

En general, la información de imagen es o bien demasiado oscura contra un fondo blanco o bien es demasiado clara contra un fondo oscuro.

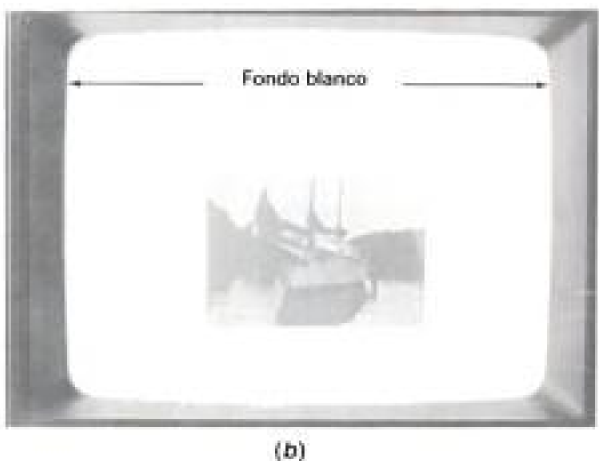
En muchos receptores monocromáticos estos efectos pueden tolerarse porque se emplea acoplamiento *RC* en el amplificador vídeo, sin un restaurador de c.c.

En los receptores en color, la pérdida de la componente c.c. es causa de colores incorrectos que no pueden ser tolerados. Por esta razón, los receptores en color utilizan acoplamiento directo o restauradores de c.c. Se pueden comparar los niveles de c.c. en los receptores observando el instante en que la imagen se oscurece entre los espacios de publicidad. Los aparatos ajustados correctamente con buena retención de c.c. se ennegrecen realmente; los otros retienen una trama gris.

Reinserción de c.c. Una alternativa al acoplamiento directo consiste en restaurar o reinsertar la componente de c.c. bloqueada por el acoplamiento capacitivo; la componente de c.c. es reinsertada en la salida del amplificador vídeo, en el circuito que excita al tubo de imagen. Un restaurador de c.c. es un circuito recortador. Corta los picos de sincronismo para mantener éste en un nivel fijo de tensión. Así es restaurada la señal vídeo a la forma original que tenía en la salida del detector vídeo.



(*a*)



(*b*)

Fig. 12 - 16. Efectos visuales de la componente c.c. (a) Brillo correcto. (b) Pérdida de la componente de c.c.

El circuito restaurador de c.c. utiliza un diodo para rectificar la propia señal vídeo. La señal rectificada indica cuándo debe ser reinsertado el nivel de c.c.

Preguntas de prueba 12-9
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Determina la componente de c.c. de la señal vídeo el brillo o el contraste de la imagen?
b. ¿Qué método preserva la componente de c.c.: el acoplamiento capacitivo, o el acoplamiento directo?

12-10 La sección FI de sonido de 4,5 MHz

El sonido asociado es transmitido como señal FM en el canal de difusión de TV, con una frecuencia central de 4,5 MHz por encima de la frecuencia portadora de imagen. La máxima desviación de frecuencia es de ± 25 kHz por encima y por debajo de la frecuencia portadora de sonido. Como se explica en el capítulo 11 "Transmisión de televisión", se emplea la FM para la señal de sonido porque está exenta del ruido y de interferencias. Los principios del uso de la FM para el sonido de televisión se aplican de la misma manera que para la radio de FM en la banda de radiodifusión de 88 a 108 MHz, excepto que la excursión de frecuencia es de ± 25 kHz, en lugar de ± 75 kHz, para modulación del 100 %. Lo mismo que en un receptor de FM, los circuitos FI de sonido requieren limitación de la AM y un detector de FM para salida audio.

Sonido dividido. En receptores muy antiguos de TV la señal de sonido FI, entonces de 21,25 MHz, era separada o dividida en la salida del sintonizador RF y aplicada a una sección separada de FI de sonido sintonizada a 21,25 MHz.

Las dificultades con este método de sonido dividido son la exactitud de la sintonía y el deslizamiento de frecuencia del oscilador local. La señal FI de sonido tiene una banda de muy poca anchura, de 50 kHz, comparada con 4 MHz aproximadamente para la señal de imagen. Debido a esto, la sintonía del oscilador local era crítica para la señal portadora FI de sonido. El primer efecto observable es el sonido distorsionado, antes de poder percibir cualquier cambio en la imagen. La sintonía en los canales de alta frecuencia era especialmente difícil. La sintonía fina de estos receptores antiguos se ajustaba escuchando el sonido y no mirando la imagen.

Sonido de interportadora. Como se ve en el diagrama de bloques de la figura 12-17, la señal FI de sonido es amplificada y detectada como batido de frecuencia de 4,5 MHz entre las frecuencias portadoras de imagen y de sonido. La ventaja —y esto es muy importante— es que la señal de la segunda FI de sonido de 4,5 MHz es independiente de la frecuencia del oscilador local. En consecuencia, la sintonía del sonido es fácil en cualquier canal de VHF o UHF. Cuando se sintoniza una imagen también se sintoniza un sonido de 4,5 MHz. El sistema de sonido de interportadora fue

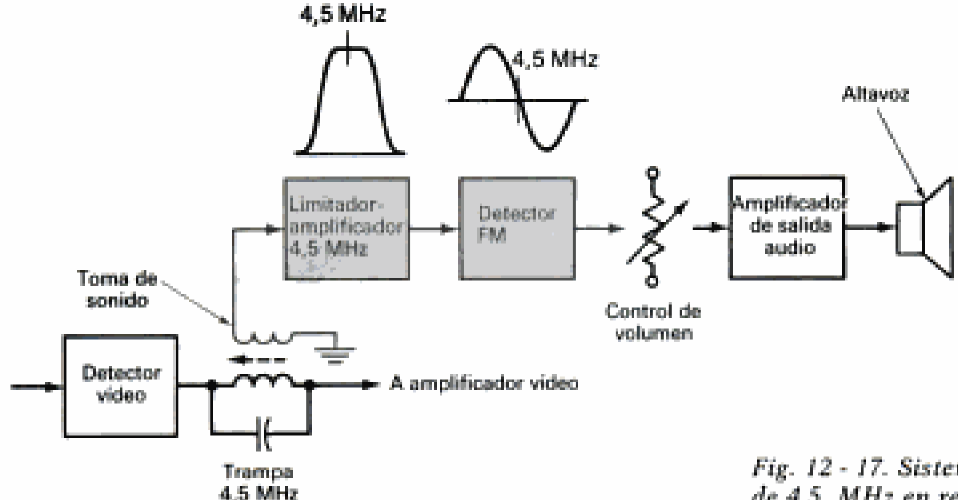


Fig. 12 - 17. Sistema de sonido de interportadora de 4,5, MHz en receptor monocromático.

inventado en 1947 por R. B. Dome de General Electric.

La señal de la primera FI de sonido de 41,25 MHz y la señal portadora FI de imagen de 45,75 MHz son ambas amplificadas en la sección común de FI. Ambas señales son acopladas en el detector de vídeo. Sin embargo, la señal de sonido tiene una amplitud mucho menor que la portadora de imagen. El resultado es que la portadora de imagen sirve como oscilador local para la heterodinación de la señal de sonido. La diferencia entre las frecuencias portadoras es de 45,75 − 41,25 MHz. Entonces la señal FM de sonido es heterodinada hasta 4,5 MHz como frecuencia central. Todavía sigue siendo una señal de FM con la modulación original. Para recuperar la señal de audio es necesario un detector de FM.

La diferencia de 4,5 MHz depende de las frecuencias portadoras transmitidas y no del oscilador local del receptor. La sintonía puede estar así alejada de la que requiere una buena imagen mientras que la del sonido se mantiene. Pero un efecto interesante es que la pérdida de la portadora de imagen en el transmisor también da lugar a pérdida de sonido en el receptor.

El detector vídeo tiene el ancho de banda necesario para incluir la señal de sonido de 4,5 MHz. Esta señal es separada por una trampa de onda de 4,5 MHz en los circuitos de vídeo. En los receptores monocromáticos la trampa es la *toma o derivación del sonido*, que acopla la señal a la sección FI de sonido de 4,5 MHz, como muestra la figura 12-17. Generalmente es suficiente una etapa de FI para amplificar la señal FI de sonido de 4,5 MHz. Entonces se utiliza un circuito tal como un detector de relación para recuperar la modulación audio. La limitación de amplitud en la sección de 4,5 MHz rechaza el ruido de la señal FM. Toda la sección de sonido con el amplificador FI, el detector FM y el amplificador de audio puede estar incorporada en una unidad de circuito integrado.

Se emplea desacentuación de audio en la salida del detector para compensar la preacentuación en la transmisión. La constante de tiempo para la preacentuación y la desacentuación es de 75 µs.

Preguntas de prueba 12-10
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál es la frecuencia de la señal de la segunda FI de sonido cuando el receptor está sintonizado en el canal 14 de UHF?
b. ¿Cuál es la frecuencia resonante de la trampa de onda de derivación del sonido en los circuitos de vídeo?
c. ¿Cuál es la máxima desviación de frecuencia de la señal FM de sonido asociado?

12-11 Localización de averías de los circuitos de señal

Una interrupción en el camino de la señal entre los terminales de antena y el tubo de imagen da por resultado la ausencia de imagen, con trama negra. Hay que tener en cuenta el hecho de que la trama es producida por los circuitos de deflexión horizontal y vertical.

Algunas observaciones pueden ayudar a localizar el problema en las secciones principales de la señal. Por ejemplo, una trama negra con sonido normal es indicio de interrupción del camino de la señal después del detector vídeo, en que se toma o desvía la señal de sonido de 4,5 MHz. Esta avería queda localizada en el amplificador vídeo.

No obstante, obsérvese que el sonido puede no ser normal debido a la pérdida de excitación del sistema de CAG. La ausencia de la polarización de CAG es causa de sobrecarga de la FI y de la producción de un intenso zumbido en el sonido.

Localizar el problema entre el amplificador vídeo y la sección FI es relativamente fácil con un osciloscopio. Se verifica la señal de salida desde el detector vídeo. Su valor es normalmente 0,5 a 1,5 V p-p. La falta de salida del detector indica que no hay entrada de señal FI o que un diodo detector está defectuoso. El nivel de c.c. de la salida del detector también puede ser verificado con un voltímetro de c.c.

La aparición de nieve indica que la cadena de señal está intacta para el mezclador en el sintonizador RF, el amplificador FI, el amplificador vídeo y el tubo de imagen. Entonces, la interrupción está antes del mezclador o en el oscilador local. En el camino anterior al mezclador están los circuitos de amplificador RF y de antena.

La ausencia total de nieve es indicio de interrupción en la sección de FI, más bien que en la sección de RF. Este efecto indica también avería en la sección de vídeo, pero ya hemos determinado que el detector de vídeo no tiene entrada de señal FI.

La pérdida de ganancia en el camino de señal reduce el contraste de la imagen. Nuevamente aquí el ruido del receptor es una clave para localizar la avería. Si la imagen es débil y tiene nieve, el defecto radica en los circuitos RF antes del mez-

clador. Si la imagen no tiene nieve, la pérdida de ganancia está en los circuitos de señales de FI o vídeo. Para localizar el problema entre las secciones de FI y de vídeo, la verificación del nivel de la señal fuera del detector vídeo nos da la clave.

Las averías de CAG son las más difíciles de localizar porque el circuito de CAG es un sistema de bucle cerrado con realimentación. La sección de vídeo suministra la señal de entrada al rectificador de CAG, pero su polarización de c.c. en la salida controla la ganancia de las secciones FI y RF.

Una avería de CAG que produzca demasiada tensión de control puede dar lugar a la falta de imagen. El resultado es el mismo que si la avería estuviese en el amplificador de FI. Recuérdese que la polarización de CAG siempre reduce la ganancia del receptor.

La avería opuesta, ausencia de polarización CAG, hace que las señales fuertes sobreexciten al amplificador de FI. Entonces el sincronismo resulta comprimido. La imagen aparece muy oscura, posiblemente con blanco y negro invertidos, y totalmente fuera de sincronismo (fig. 12-18). El zumbido intenso causado en el sonido por modulación cruzada entre las señales de sincronismo y de sonido es otro signo de sobrecarga. El zumbido está producido por el impulso de sincronismo vertical en la señal de sonido.

Para localizar los problemas de CAG es necesario abrir el bucle cerrado. Para controlar la polarización que normalmente provee el sistema de CAG es necesario sustituirla aplicando manualmente la tensión de polarización. Si la operación normal se puede restaurar de esta manera es que las secciones RF y FI están bien y la avería radica en el circuito de CAG.

Preguntas de prueba 12-11
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. El detector vídeo es la fuente principal de ruido del receptor.
b. Una interrupción en la sección de FI puede causar el síntoma de carencia de imagen en una trama limpia sin nieve.
c. Una interrupción en el circuito de antena puede causar el síntoma de ausencia de imagen pero con nieve.
d. Una imagen sobrecargada está usualmente fuera de sincronismo.



Fig. 12 - 18. Imagen sobrecargada.

12-12 Monitor de TV con componentes modulares

La figura 12-19 muestra un sistema modular de TV con monitor de 19 pulgadas. La idea es similar a la del uso de módulos como componentes separados en un sistema estéreo de sonido. De hecho, este sistema modular tiene provisiones para la señal audio incluidas con el equipo para procesado de vídeo y receptor de televisión. La finalidad de las unidades modulares es la flexibilidad en la puesta a punto de un sistema para la recepción de la TV, grabación y reproducción de VCR, reproducción de discos de vídeo, el uso de juegos de vídeo y el de un ordenador personal.

Monitor de TV. En la parte superior de la figura 12-19, el monitor es como un receptor de TV, con



Fig. 12 - 19. Sistema modular de TV con monitor vídeo. (Zenith Radio Corp.)

TABLA 12-1
FUNCIONES DE LAS ETAPAS DE UN RECEPTOR DE TELEVISIÓN

ETAPA	SEÑAL DE ENTRADA	SEÑAL DE SALIDA	NOTAS
Amplificador de RF para la banda VHF	*P* y *S* desde antena	Señales de RF amplificadas para el mezclador	Bajo ruido para carencia de nieve; también está el amplificador de FI para el sintonizador UHF
Oscilador local para la banda VHF	Ninguna	Al mezclador de VHF	Sintoniza 45,75 MHz por encima de *P*
Mezclador de VHF	*P* y *S* más salida del oscilador	*P* y *S* para amplificador FI	También está el amplificador FI para el sintonizador UHF
Oscilador local para la banda UHF	Ninguna	A mezclador UHF	Sintoniza 45,75 MHz por encima de *P*
Mezclador UHF	*P* y *S* en RF más salida del oscilador	Valores FI de *P* y *S* para sintonizador VHF	Amplificador RF opcional para sintonizador UHF
FI de imagen, FI de vídeo o sección de FI común	*P* y *S* desde mezclador VHF	*P* y *S* amplificadas para detector de vídeo	*P* = 45,75 MHz *S* = 41,25 MHz
Detector de vídeo	*P* y *S* amplificadas desde sección FI	Señal vídeo compuesta; también *S* en 4,5 MHz y *C* en 3,58 MHz	Detector de imagen o segundo detector
Amplificador FI de sonido	*S* en 4,5 MHz desde detector vídeo	*S* en 4,5 MHz a detector FM de sonido	4,5 MHz es la frecuencia interportadora del sonido
Detector FM de sonido	*S* amplificada en 4,5 MHz	Señal audio a amplificador audio	Tiene red de desacentuación
Sección de audio	Señal de audio desde detector FM	Salida de potencia audio al altavoz	Son necesarios dos canales de audio para estéreo
Amplificador vídeo	Señal vídeo compuesta desde detector vídeo	Señal vídeo amplificada para tubo de imagen, CAG y circuitos de sincronismo	Es el amplificador *Y* de vídeo en los receptores de color

TABLA 12-1 (Continuación)
FUNCIONES DE LAS ETAPAS DE UN RECEPTOR DE TELEVISIÓN

ETAPA	SEÑAL DE ENTRADA	SEÑAL DE SALIDA	NOTAS
Amplificador CAG	Señal vídeo compuesta	Polarización de c.c. para amplificadores RF y FI	Control automático de ganancia para *P* y *S*
Sección de croma	Señal *C* de 3,58 MHz desde amplificador vídeo	Vídeo de rojo, verde y azul para tubo de imagen tricolor	Más detalles en capítulo 14
Separador de sincronismo	Vídeo compuesta desde amplificador vídeo	A integrador de sincronismo *V* y CAF horizontal	Separa y amplifica los impulsos de sincronismo
CAF horizontal	Impulsos *H* de sincronismo	Tensión c.c. de control de oscilador *H*	Dos diodos como detector de fase
Oscilador horizontal	Tensión c.c. de control desde circuito CAF	Excitación de 15.750 Hz para amplificador *H*	Funciona con o sin sincronismo
Amplificador horizontal	Excitación de 15.750 Hz producida por oscilador *H*	Corriente diente de sierra de 15.750 Hz en bobinas *H* del yugo de deflexión	Amplificador de potencia clase C, suministra también al rectificador de alta tensión y al amortiguador
Amortiguador	Desde etapa de salida *H*	Tensión de deflexión rectificada para B^+ reforzada	Rectificador diodo de potencia
Oscilador vertical	Sincronismo de 60 Hz desde el integrador	Excitación de 60 Hz para amplificador *V*	Funciona con o sin sincronismo
Amplificador vertical	Excitación de 60 Hz desde oscilador *V*	Corriente diente de sierra de 60 Hz en bobinas *V* del yugo de deflexión	Similar al amplificador de potencia clase A; puede ser un circuito push-pull.
Rectificador de alta tensión	Impulsos de retorno desde amplificador *H*	Tensión c.c. de ánodo para el tubo de imagen	Salida de 10 a 30 kV; necesita salida *H* para funcionar
Fuente de baja tensión	Potencia c.a. de 120 V e impulsos de retorno *H*	Tensiones c.c. electródicas para todas las etapas del amplificador	Salida de 12 a 200 V; la exploración necesita salida *H* para funcionar

AUTOEXAMEN

Respuestas al final del libro

Parte A. Parear las funciones enumeradas a la izquierda con los circuitos de la derecha.

1. Contraste de imagen
2. Salida de señal audio
3. Control de ganancia de RF y FI
4. Conversión FI
5. Sincronización de la imagen
6. Brillo de la trama
7. Tensiones c.c. electródicas
8. Imagen con nieve
9. Selectividad de canal adyacente
10. Señal vídeo de la banda base

a. Mezclador
b. CAG
c. Detector de FM
d. Amplificador vídeo
e. Fuente de alta tensión
f. Fuente de baja tensión
g. Amplificador RF
h. Trampas de onda de FI
i. Separador de sincronismo
j. Detector de vídeo

Parte B. Parear las averías enumeradas a la izquierda con los circuitos de la derecha.

1. Sonido normal, pero no hay brillo
2. Imagen normal, pero sin sonido
3. Imagen con barras diagonales fuera de sincronismo
4. Sin imagen ni sonido pero trama normal
5. Números de canales erróneos

a. Oscilador local
b. Rectificador de alta tensión
c. Amplificador FI
d. Amplificador de 4,5 MHz
e. CAF horizontal

Parte C. Parear los controles de la izquierda con las funciones de la derecha.

1. Sintonía fina
2. Contraste
3. Volumen
4. Brillo
5. Selector de estaciones
6. Nivel de CAG
7. Zumbido
8. Sincronismo vertical

a. Sintoniza etapas de RF, oscilador y mezclador
b. Varía la frecuencia del oscilador local
c. Ajustes de ganancia de RF y FI
d. Varía el nivel audio
e. Varía la ganancia del amplificador vídeo
f. Sobrecarga
g. Varía la frecuencia del oscilador local
h. Varía la polarización de c.c. del tubo de imagen

PREGUNTAS DE ENSAYO

1. Dividir un receptor de TV en no más de seis secciones principales, con una sección extra para el color.
2. Subdividir el receptor de TV en no más de 10 secciones.
3. ¿Cuál es la diferencia entre un monitor vídeo y un receptor de TV?

4. Enumerar las funciones de la antena y de la línea de transmisión.
5. ¿Cuáles son los números de canales para el sintonizador VHF y el sintonizador UHF?
6. Enumerar por lo menos cinco tensiones electródicas de c.c. producidas por la fuente de alimentación de baja tensión.
7. ¿Cuál es la función de la fuente de alimentación de alta tensión? ¿Por qué se denomina fuente de *retorno*?
8. *(a)* Nombrar tres funciones de la señal vídeo compuesta de un receptor monocromático. *(b)* Cuál es la función extra en un receptor de color.
9. ¿Cuál es la ventaja del sonido de interportadora de 4,5 MHz, en comparación con el sistema de sonido dividido?
10. ¿Por qué se considera al separador de sincronismo parte de los circuitos de señal?
11. Clasificar todas las etapas enumeradas en la tabla 12-1 bajo los epígrafes siguientes: imagen y sonido, imagen sola, sonido solo, sincronización de la imagen, trama iluminada.
12. ¿Cuáles son los circuitos para los controles siguientes? Selector de estaciones, sintonía fina, contraste, volumen, nivel de CAG, sincronismo *H*, sincronismo *V*.
13. Nombrar el uso de cada una de las siguientes frecuencias: 55,25, 59,75, 45,75, 41,25, 42,17, 4,5 y 3,58 MHz.
14. ¿Por qué es importante en la reproducción de imagen la componente de c.c. de la señal vídeo?
15. Explicar la finalidad de una trampa de onda. ¿Por qué se usa un circuito *LC*?
16. Poner un ejemplo del circuito de extracción o derivación del sonido en un receptor monocromático.
17. ¿Dónde se conectará un osciloscopio para ver las formas de onda de tensión en la figura 12-14?
18. ¿Cuál es la etapa que sintoniza la estación deseada para los canales VHF 2 a 13?
19. Nombrar la etapa que es más importante para minimizar la nieve en la imagen.
20. ¿Cuál es la finalidad del uso de una fuente o suministro de exploración para baja tensión?
21. ¿Cuánta entrada de señal vídeo se requiere para un monitor vídeo?
22. Poner tres ejemplos de equipo accesorio utilizado con un centro de control vídeo.

PROBLEMAS

Soluciones de los problemas de número impar al final de libro

1. Calcular las frecuencias del oscilador para la sintonía en (*a*) canal 6, (*b*) canal 7, (*c*) canal 13 y (*d*) canal 14.
2. ¿Cuál es la diferencia de frecuencia en cada uno de los siguientes pares? (*a*) 83,25 y 87,75 MHz, (*b*) 45,75 y 41,25 MHz (*c*) 45,75 y 42,17 MHz, (*d*) 4,5 y 3,58 MHz.
3. La señal de entrada a la sección FI es 0,2 mV desde el mezclador. La salida de FI es 2 V al detector video. (*a*) Calcular la ganancia de tensión A_V. (*b*) ¿Cuál es esta ganancia de tensión, en decibelios?

13

Circuitos de trama y sincronismo

El sincronismo es una parte de la señal vídeo compuesta, pero se utilizan impulsos separados de sincronización para temporizar los circuitos de deflexión que producen la trama de exploración. En los circuitos de trama, el oscilador vertical excita al amplificador vertical para llenar la pantalla con las líneas de exploración horizontal, de arriba abajo. Los impulsos de sincronismo *V* disparan al oscilador para engancharlo en la frecuencia de 60 Hz. Para la deflexión horizontal son producidas las líneas de exploración por el oscilador horizontal y el amplificador. La frecuencia del oscilador es fijada, o enganchada, por el circuito de CAF horizontal, con impulsos de sincronismo *H* de 15.750 Hz. Los circuitos de deflexión producen la trama, mientras que el sincronismo sólo hace que se mantenga la imagen.

La función del sincronismo en la temporización de la exploración es la misma para el color que para monocromía. Sin embargo, en televisión en color, la frecuencia exacta es 15.734 Hz para el sincronismo y la exploración *H*. Además, la frecuencia para el sincronismo y la exploración *V* es exactamente 59,94 Hz. Las frecuencias nominales se consideran generalmente de 60 o 15.750 Hz para el sincronismo y la exploración *V* y *H*, respectivamente.

Un detalle interesante acerca de la sincronización es que el tiempo necesario para que la señal transmitida se desplace hasta el receptor no tiene efecto sobre la temporización por el sincronismo. La razón es que los impulsos de sincronismo deben estar presentes al mismo tiempo que las variaciones de la señal de cámara en la señal vídeo compuesta transmitida. Realmente el sincronismo temporiza la exploración de la trama con respecto a la información de imagen en cada línea horizontal y en cada campo vertical. Así una falta de sincronismo puede hacer que la imagen suba o baje en la pantalla y que se desgarre horizontalmente, sin que esto afecte a la propia trama. Estas cuestiones se discuten en las secciones siguientes:

13-1 Amplitud y separación de la forma de onda del sincronismo

Los impulsos de sincronización utilizan amplitudes de pico de la señal vídeo compuesta transmitida, incluyendo los impulsos *H*, *V* y de ecualización. Los detalles de las formas de onda de los impulsos de sincronismo se describen en el capítulo 7, "Análisis de la señal vídeo", pero los puntos principales son los siguientes:

1. Los impulsos de sincronismo *H* son estrechos; tienen una anchura de 4,75 μs. Son repetidos a la frecuencia de exploración de línea de 15.750 Hz.
2. Los impulsos de sincronismo *V* son mucho más anchos, pero cada impulso *V* almenado incluye seis impulsos de media línea con una anchura total de tres líneas, lo que es igual a 190,5 μs. Los impulsos de sincronismo *V* son repetidos a la frecuencia de exploración de campo de 60 Hz.
3. Los impulsos de ecualización o igualadores de 31.500 Hz son repetidos a intervalos de media línea, lo mismo que las hendiduras en un impulso de sincronismo *V*. Ocurre un grupo de seis impulsos de ecualización inmediatamente antes y después de cada impulso de sincronismo *V*, para que la sincronización vertical sea la misma en los campos pares e impares con el fin de obtener un buen entrelazado.

La secuencia de la separación de sincronismo está ilustrada en la figura 13-1. Primero, la separación de amplitudes suprime todos los impulsos de sincronismo de la señal vídeo compuesta. La etapa que amplifica las amplitudes de sincronismo es un separador de sincronismo o precisamente el amplificador de sincronismo. La salida total de sincronismo incluye los impulsos horizontales, verticales y de ecualización.

El integrador es un filtro de *RC* cuya finalidad es suprimir todos los impulsos menos los de sincronismo *V*. Una larga constante de tiempo *RC*, comparada con la anchura de los impulsos *H*,



Fig. 13 - 1. Secuencia de separación de amplitudes y formas de onda de los impulsos de sincronismo.

permite cargar a *C* sólo durante el tiempo del impulso de sincronismo vertical. La salida del integrador provee los impulsos de disparo para sincronizar al oscilador vertical en 60 Hz. Sin sincronización vertical, la imagen sube o baja en la pantalla. Para corregir este defecto, se puede ajustar el control de sincronismo vertical.

El circuito CAF horizontal es un bucle de enganche de fase (PLL) que provee la tensión c.c. de control para sincronizar al oscilador horizontal en la frecuencia de los impulsos de sincronismo *H*. Este método tiene la ventaja de ser insensible a los impulsos de ruido, en comparación con el sincronismo disparado. El problema del ruido es más grave en la sincronización horizontal a causa de que la frecuencia de sincronismo *H* es más alta que la de sincronismo *V*. Sin sincronismo horizontal, la imagen se rasga en segmentos diagonales. Para corregir este defecto, se ajusta el control de sincronismo horizontal.

Preguntas de prueba 13-1
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Todos los impulsos de sincronismo tienen la misma amplitud.
b. Los impulsos de sincronización producen la trama de exploración.
c. El impulso de sincronismo *V* tiene la frecuencia más baja.

13-2 Separador de sincronismo

Normalmente la etapa se mantiene en el estado de corte. Sin embargo, la señal vídeo compuesta es aplicada con una polaridad tal que solamente las amplitudes de sincronismo excitan al amplificador en el estado de conducción. En consecuencia, la salida es el impulso de sincronismo, —separado de la entrada de la señal vídeo compuesta—.

La entrada vídeo a un separador de sincronismo típico está representada en la parte superior de la figura 13-2. La vídeo compuesta tiene el sincronismo en sentido negativo. Esta polaridad puede excitar al electrodo de base de un transistor PNP en conducción. La salida de sincronismo separada está representada en la parte inferior de la figura 13-2. La salida es el sincronismo total, incluyendo los impulsos horizontales, verticales y de ecualización. Los impulsos de sincronismo tienen sentido positivo, porque el separador de sin-

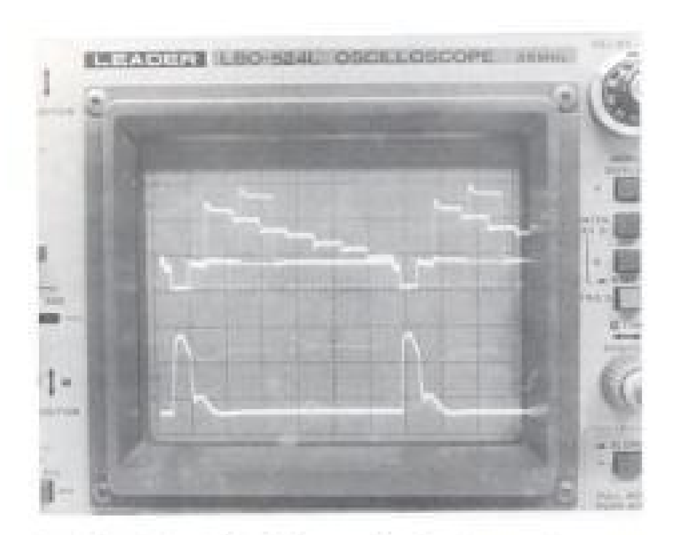


Fig. 13 - 2. Acción del separador de sincronismo mostrada con osciloscopio de doble traza. Arriba está la entrada de la vídeo compuesta para la señal de barras de color sin croma. Abajo está el sincronismo separado. El barrido del osciloscopio está ajustado para mostrar los impulsos de sincronismo H.

cronismo funciona como amplificador inversor. El circuito es ordinariamente un amplificador de emisor común (CE) con carga resistiva. En cuanto a los componentes, los circuitos de sincronismo suelen formar parte de una unidad de circuito integrado para el procesado de la señal vídeo.

La salida de sincronismo consiste en impulsos rectangulares limpios sin señales entre ellos. En la mayoría de los casos, el separador de sincronismo es excitado entre los estados de corte y saturación. Entonces la excursión p-p de la salida de sincronismo es casi igual a la tensión de alimentación.

El separador puede funcionar en cualquier nivel entre el de borrado y el pico de sincronismo, ya que esta área tiene sólo las amplitudes de sincronismo. Los flancos del impulso tienen la temporización necesaria.

Ruido en el sincronismo. En la etapa separadora de sincronismo se utiliza polarización de señal para que la separación se ajuste automáticamente de acuerdo con los cambios de amplitud de la señal de excitación de vídeo. En general, la polarización de la señal varía con la amplitud de la señal de entrada. Entonces el pico de sincronismo es recortado en un nivel dado, incluso con diferentes amplitudes de la señal. Sin embargo, el circuito de acoplamiento *RC* para la polarización de la señal es sensible al ruido del impulso. Los picos grandes de ruido de la señal pueden generar mayores valores de la polarización. En casos severos, una polarización excesiva puede inhabilitar o inhibir al separador de sincronismo en un corto intervalo, causando la pérdida de varios impulsos de sincronismo. La pérdida temporal de sincronización es realmente peor que cualquier falsa imagen de ruido en la imagen. Por esta razón, el receptor debe tener circuitos de reducción de ruido para el separador de sincronismo.

Averías de sincronismo. El fallo completo del separador de sincronismo causa la pérdida de sincronismo vertical y de sincronismo horizontal. La imagen se desliza verticalmente y se fracciona en bandas inclinadas al mismo tiempo. El reajuste cuidadoso de los controles de sincronismo horizontal y vertical produciría una imagen completa momentáneamente. Luego la imagen se desplazará arriba y abajo y también lateralmente hasta que acaba por rasgarse nuevamente. El hecho de que se pueda producir todavía una imagen, aunque sea sólo momentáneamente, muestra que los osciladores de deflexión vertical y horizontal pueden funcionar con las frecuencias correctas de exploración.

Otra posibilidad es el fallo parcial de la separación de sincronismo, de tal manera que el umbral de conducción se introduce en el área de la señal vídeo. Entonces alguna información vídeo de negro invade la señal del sincronismo. El resultado es una curvatura de la imagen o bien un efecto ondulante causado por la sincronización que es afectada por el contenido de la imagen. Esta avería puede ser originada por un defecto del propio separador de sincronismo o compresión del sincronismo en la sección del amplificador FI de la imagen. Especialmente, la sobrecarga del CAG es un problema típico. La polarización de CAG no es suficiente para alcanzar el nivel de señal y esto causa una excesiva excitación de los amplificadores de FI. Cuando el problema es severo se pierde completamente el sincronismo y ordinariamente se invierten los valores de blanco y negro en la imagen.

Preguntas de prueba 13-2
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. El separador de sincronismo es un amplificador de clase A.

b. El sincronismo separado incluye todos los impulsos de sincronismo.
c. En la figura 13-2 el sincronismo separado está invertido con respecto a los impulsos en la señal vídeo compuesta.

13-3 Integrador de sincronismo vertical

Los impulsos de sincronización vertical son separados del sincronismo total utilizando la diferencia en la duración de tiempo de los impulsos *V* y *H*. El filtrado se efectúa por un circuito integrador que es básicamente un filtro *RC* como el de la figura 13-3*a*. Como *C* está en un camino shunt o derivación, el filtro es un tipo de paso bajo. El desarrollo de la carga en un condensador shunt se llama *integración* a causa del efecto aditivo de la tensión entre los terminales de *C*.

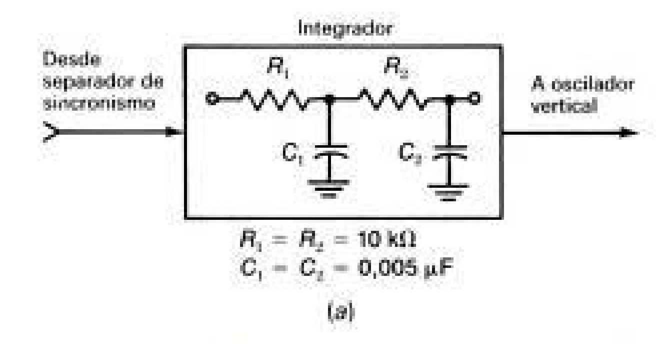




Fig. 13-3. Efecto del filtrado RC *por el integrador vertical, mostrado con osciloscopio de doble traza. Arriba, entrada de sincronismo total. Abajo, el sincronismo* V *integrado pasa al oscilador de deflexión vertical.*

La forma de onda de la entrada representada en la parte superior de la figura 13-3*b* es el sincronismo total. La fotografía se ha obtenido sincronizando el osciloscopio para mostrar el comienzo del intervalo de borrado vertical. La forma de onda de salida en la parte inferior de la figura 13-3*b* muestra el impulso de sincronismo vertical separado. Entonces se utilizan los impulsos de sincronismo *V* integrados para disparar el oscilador de deflexión *V* en la frecuencia de exploración de campo de 60 Hz.

La separación de las formas de onda del integrador depende de su constante de tiempo *RC*. Con $R = 10\ \mathrm{k}\Omega$ y $C = 0{,}005\ \mu\mathrm{F}$, cada sección *RC* tiene una constante de tiempo de 50 μs. Este tiempo es largo comparado con el ancho de impulso *H* de 4,7 μs. Por tanto, *C* no se puede cargar mucho por los impulsos *H*. Además, *C* se descarga en el tiempo transcurrido entre los impulsos. Sin embargo, durante los impulsos verticales más anchos, *C* tiene tiempo suficiente para cargarse. Pierde muy poca carga en el poco intervalo de las hendiduras. El resultado es un sincronismo vertical integrado entre las placas de *C*. Hay que tener en cuenta que las hendiduras mantienen sincronizado el oscilador horizontal durante el intervalo de tres líneas del impulso de sincronismo *V*. Al final del sincronismo vertical, el condensador tiene tiempo para descargarse completamente y quedar dispuesto para la integración del siguiente impulso vertical.

Un fallo en el circuito integrador causa la pérdida del sincronismo vertical solamente. La imagen se desplaza verticalmente arriba o abajo en la pantalla. Sin embargo, el ajuste del control de sincronismo vertical puede hacer que la imagen deje de desplazarse un momento. El hecho de que la imagen pueda detenerse dejando momentáneamente de desplazarse arriba o abajo muestra que el oscilador vertical puede funcionar con la frecuencia correcta. La avería es pérdida de sincronismo vertical.

Preguntas de prueba 13-3
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Se toma la entrada para el integrador *V* en el separador de sincronismo, o en el amplificador vídeo?
b. ¿La salida del integrador *RC* es la tensión entre los extremos de *R*, o entre los terminales de *C*?

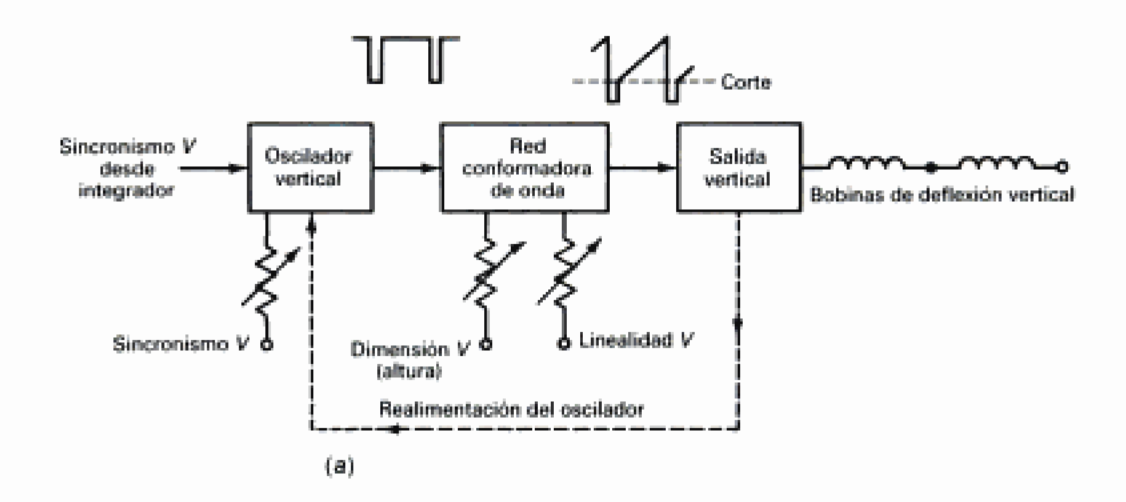
c. ¿Cuál es una constante de tiempo típica para el integrador vertical, 5 o 50 μs?

13-4 Deflexión vertical

El circuito de exploración vertical comienza en el oscilador vertical, como muestra la figura 13-4*a*. El oscilador genera salida tanto si está sincronizado como si no lo está. Para el circuito completo de deflexión, el oscilador excita a un amplificador de potencia que es la etapa de salida vertical. Entre ellos hay una red conformadora de onda que provee al amplificador de la excitación necesaria para alimentar la corriente diente de sierra en las bobinas verticales de deflexión.

El oscilador de deflexión es un tipo de relajación en que se utiliza el oscilador de bloqueo o el circuito multivibrador. Estos osciladores se conmutan entre dos estados inestables de conducción y corte en la frecuencia propia o de funcionamiento libre. El oscilador es *astable*, lo que significa que no tiene estado estable. A causa de la operación astable, este tipo de oscilador se sincroniza fácilmente. En el circuito de oscilador vertical, el estado de corte termina antes de su período natural mediante la aplicación de un impulso de sincronismo vertical integrado. Entonces el oscilador es sincronizado por un impulso de sincronismo para que oscile en 60 Hz.

En este método de sincronismo disparado, el oscilador debe tener un período de corte más largo que el tiempo transcurrido entre los impul-



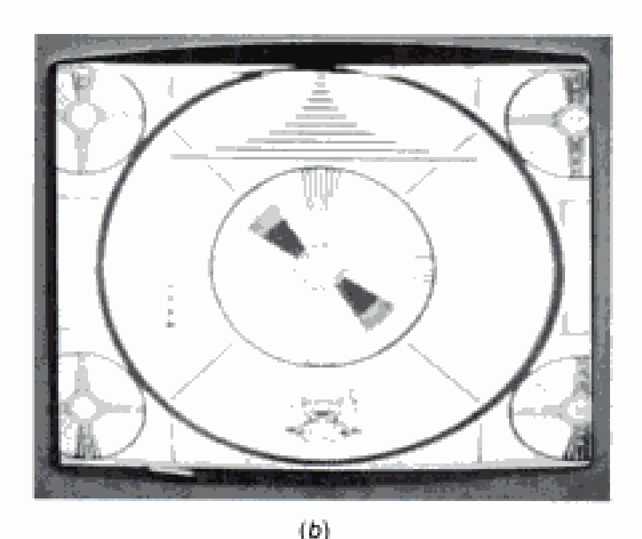

(*b*)

*Fig. 13 - 4. (*a*) Diagrama de bloques de la deflexión vertical. (*b*) La línea blanca a través del centro muestra distorsión cruzada en el amplificador vertical en contrafase de la etapa de salida.*

tados a la salida vertical. Así pues, un defecto en estos circuitos puede ser causa de falta de deflexión vertical.

Hay una gran diferencia entre el problema de que no haya salida del oscilador y el de que el oscilador funcione en una frecuencia incorrecta. La frecuencia incorrecta del oscilador sólo hace que la imagen se deslice verticalmente. La avería puede estar en el oscilador o puede ser por pérdida del sincronismo vertical. Sin embargo, con la avería en el oscilador, el control de sincronismo *V* puede variar la velocidad de desplazamiento vertical, pero no puede cambiar el sentido de desplazamiento ascendente o descendente.

La insuficiente altura o mala linealidad vertical puede estar causada por un defecto en los circuitos conformadores de onda o por una brusca variación de la polarización de c.c. en la etapa de salida vertical. En cualquier caso, es un problema de salida débil, distorsión de amplitud, o ambas cosas, en el amplificador vertical. Ordinariamente estas averías no están causadas por el propio oscilador, porque éste no suministra la salida de potencia.

Puede ser útil comparar la salida vertical con los circuitos de audio. De la misma manera que más potencia de audio hace que el sonido sea más intenso, más salida vertical produce más altura en la trama. Menos altura significa la salida vertical reducida. En muchos casos, la falta de linealidad está asociada con salida débil.

Preguntas de prueba 13-5
Respuestas al final del capitulo

Contestar verdadero o falso.

a. Una sola línea brillante en el centro de la pantalla puede estar motivada por frecuencia incorrecta del oscilador vertical.
b. Demasiado espacio negro en la parte inferior de la pantalla puede ser motivado por salida vertical débil.
c. La polarización de c.c. en el amplificador vertical afecta a la altura y a la linealidad de la trama.

13-6 Sincronismo y deflexión horizontales

El diagrama de bloques de un sistema normal de deflexión horizontal está representado en la figura 13-5. Están incluidos el oscilador de deflexión *H*, el excitador y un amplificador de potencia en la etapa de salida para la exploración horizontal. El oscilador utiliza el oscilador de bloqueo o circuito multivibrador. Esta etapa genera una señal de excitación de 15.750 Hz para la deflexión que produce las líneas de exploración horizontal. Básicamente, la idea es similar a la del circuito de exploración vertical, pero a causa de que la frecuencia de exploración *H* es más alta, hay diferencias importantes:

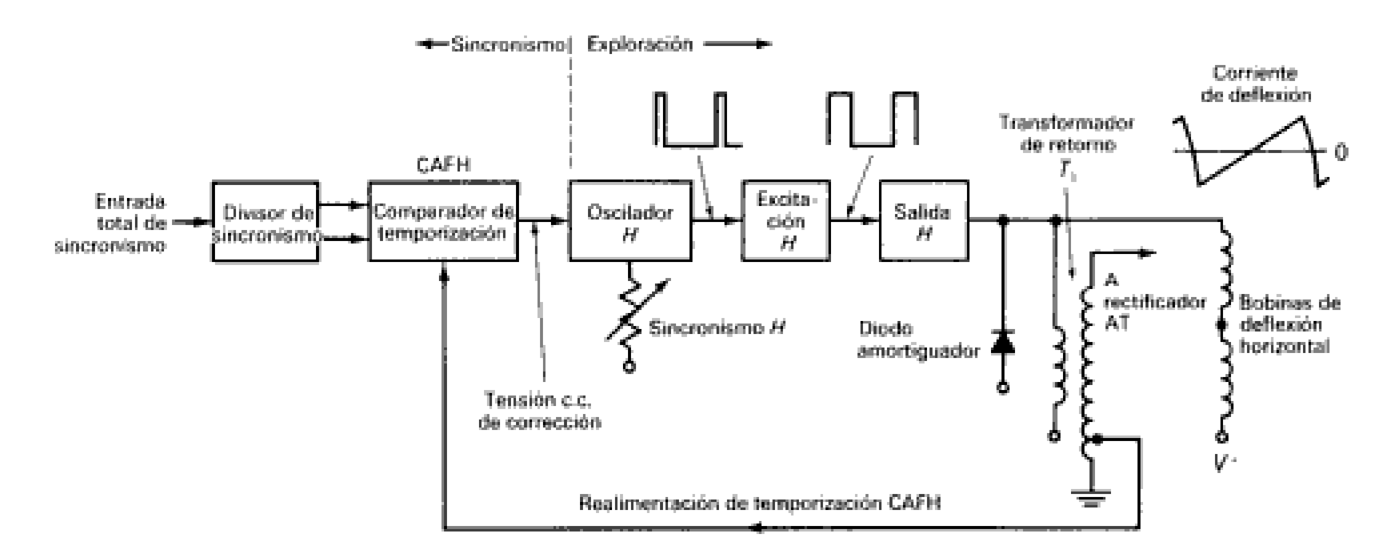


Fig. 13 - 5. Diagrama de bloques de la deflexión horizontal. CAFH es el control automático de frecuencia horizontal.

1. La frecuencia del oscilador *H* está sincronizada por el control automático de frecuencia, y no por sincronismo disparado.
2. La etapa de salida horizontal se asemeja a un alimentador de potencia de clase C que produce los impulsos de salida. La salida es conmutada en conducción para la exploración horizontal en cada línea.
3. La salida horizontal se utiliza para el rectificador de alta tensión que produce la tensión anódica del tubo de imagen. Sin exploración horizontal no puede haber brillo en la pantalla.
4. La salida horizontal necesita un diodo amortiguador para minimizar las oscilaciones autoexcitadas en la corriente de exploración horizontal.

El diodo amortiguador tiene dos usos importantes, además de la amortiguación. Una de las funciones es proveer la tensión B^+ *reforzada* para el amplificador horizontal. Este efecto se produce cuando el amortiguador diodo rectifica la salida de deflexión *H* en un circuito que suma en serie la tensión rectificada con la tensión de c.c. de la fuente de alimentación. Una tensión c.c. de alimentación más alta del amplificador horizontal permite más salida de potencia c.a. El circuito arranca por sí mismo, pero el amplificador horizontal no puede tener tensión c.c. de alimentación a no ser que el diodo amortiguador esté conduciendo.

En la otra función, la corriente de amortiguación del diodo se utiliza para proveer parte de la exploración horizontal, en el lado de la izquierda, inmediatamente después del retorno. El sistema, llamado *exploración de reacción*, produce casi un tercio de la traza horizontal. Esta técnica es la razón de que la etapa de salida horizontal pueda ser puesta en el estado de corte durante parte del tiempo de traza, lo mismo que un amplificador clase C. Mientras el amplificador no está conduciendo, la exploración por reacción produce la traza desde el lado o borde izquierdo de la pantalla hacia la derecha. Luego es excitado en condución el amplificador para completar la traza hasta el lado de la derecha. Las características de exploración por reacción y B^+ reforzada ofrecen un enorme aumento de la eficiencia del circuito de salida horizontal. La eficiencia es aquí importante a causa de que la salida horizontal requiere la mayor parte de la potencia del receptor.

CAFH. La frecuencia del oscilador horizontal está controlada por la tensión c.c. de corrección desarrollada por un comparador de fase o comparador de temporización, como el representado en la izquierda de la figura 13-5. Generalmente se emplean dos diodos para el circuito comparador. Normalmente, el comparador es alimentado con impulsos que son de sincronismo horizontal en contrafase desde un divisor de fase o etapa separadora de sincronismo. Además, otra entrada necesaria para el comparador es una forma de onda de tensión en diente de sierra como muestra de frecuencia del oscilador. Esta realimentación se toma del circuito de salida horizontal como un impulso que está conformado en diente de sierra por una red *RC* incorporada en el camino de realimentación.

La salida del comparador es la tensión c.c. de corrección que indica si el oscilador funciona en su frecuencia correcta. Cuando el sincronismo *H* llega en el centro de la retraza, no se produce tensión de corrección. Sin embargo, si la frecuencia del oscilador es demasiado alta o demasiado baja, se producirá una tensión c.c. de corrección para poner al oscilador en la frecuencia de sincronismo. Este es realmente un bucle de enganche de fase (PLL) que se llama *control automático de frecuencia horizontal* (CAFH) en esta aplicación.

La función del CAFH es mantener sincronizada la imagen horizontalmente. El oscilador *H* puede producir, sin embargo, exploración horizontal con o sin CAF. Obsérvese la línea de trazos en la parte superior de la figura 13-5 que divide los circuitos en dos secciones: de exploración para producir las líneas horizontales y de sincronismo para mantener perfectamente unida la imagen. Sin sincronización horizontal por el circuito CAF, la imagen se rasga fraccionándose en segmentos con barras de borrado negras diagonales. El control de sincronismo horizontal del circuito oscilador se ajusta para sincronizar la imagen.

Excitación horizontal. La salida del oscilador es un impulso rectangular que se reconfigura en el excitador para proveer la entrada de impulso necesaria para la etapa de salida. Esta etapa funciona como un conmutador. Su tiempo de conducción determina el tiempo en que la tensión c.c. de alimentación está aplicada a las bobinas *H* del yugo en cada exploración horizontal. La anchura del impulso de excitación de la salida horizontal es crítica. Por esta razón, generalmente no hay controles para ajustar la exploración horizontal.

Salida horizontal. Con transistores en esta etapa, la corriente de exploración horizontal es sumi-

Para los divisores de frecuencia, el sistema comienza con la frecuencia más alta. Luego ésta puede ser dividida por los contadores digitales hasta un submúltiplo exacto. La frecuencia de los impulsos de ecualización o de las hendiduras *V*, también con espacio de media línea, es de 31.500 Hz.

La división establece las frecuencias correctas de exploración, pero no la fase sincronizada necesaria para el tiempo de retraza con respecto a la información de imagen. Por ejemplo, puede ser producida una barra negra transversal en la pantalla por cualquier borrado vertical desde la parte superior hasta la inferior. Además, la barra de borrado *H* puede deslizarse transversalmente en la pantalla.

Para establecer la fase correcta en la exploración vertical, es integrado el sincronismo separado para extraer el impulso de sincronismo *V*. Luego es comparado este impulso con la señal de excitación *V* desarrollada por el contador. El detector de coincidencia de impulsos tiene esta función. Cuando dos impulsos están sincronizados correctamente, no se altera la cuenta. Sin embargo, si los dos impulsos V no coinciden en el tiempo, se desarrolla un impulso de reset o puesta a cero para la corrección. El reset significa que el contador vuelve a cero. De esta manera, el contador *V* comienza en el principio de un campo cada vez que ocurre un reset. Así la cuenta *V* es producida únicamente cuando la fase es correcta.

Aunque el oscilador maestro funciona en 31,5 kHz, el comparador de temporización *H* tiene impulsos de 15.750 Hz. Las entradas al comparador incluyen impulsos de retorno *H* y de sincronismo *H* separados desde el transformador de retorno en el circuito de salida horizontal. Luego el sincronismo es siempre comparado con la retraza. La tensión de corrección controla la frecuencia del oscilador maestro de 31,5 kHz.

El sistema de enganche de generador proporciona un entrelazado excelente. Además, este método tiene una buena inmunidad al ruido en cuanto al sincronismo vertical. Para ilustrar las posibilidades, se puede ajustar el impulso de reset para efectuar la comparación de temporización cada 10 campos, por ejemplo. Durante el tiempo que no hay comparación, el sistema es inmune a cualquier influencia exterior. Así la mayor parte del tiempo la sincronización vertical no puede ser afectada por impulsos de ruido.

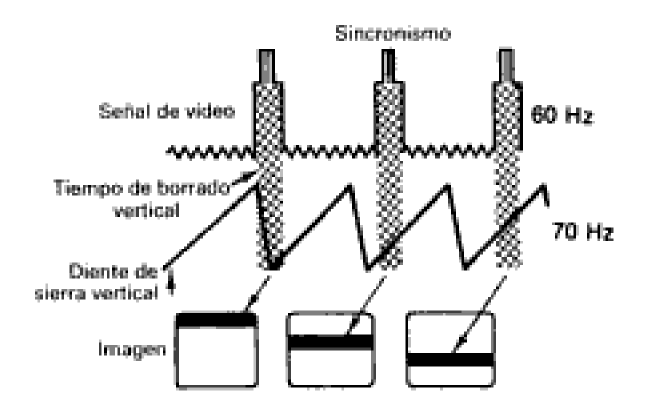


Fig. 13 - 7. Por qué aparece la imagen bajando cuando la exploración vertical es demasiado rápida con respecto a los impulsos de borrado vertical. La imagen sube cuando la frecuencia del oscilador vertical es demasiado baja.

Preguntas de prueba 13-7
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso para el circuito de enganche de generador de la figura 13-6.

a. Todo el circuito puede ser contenido en un chip integrado.
b. El oscilador maestro funciona en 15,75 kHz.
c. No se emplea control de sincronismo vertical.

13-8 Por qué se desplaza verticalmente la imagen

La explicación del desplazamiento vertical de la imagen está ilustrada en la figura 13-7 cuando es demasiado alta la frecuencia del oscilador vertical. Obsérvese la temporización relativa del borrado vertical en la señal vídeo compuesta y la retraza vertical de la corriente de deflexión vertical en diente de sierra. Cuando ambas tienen la misma frecuencia, cada retraza vertical ocurre dentro del tiempo de borrado vertical. Luego no es visible el borrado vertical en las partes superior e inferior del cuadro. Sin embargo, cuando la frecuencia vertical es demasiado alta, los ciclos del diente de sierra avanzan en el mismo tiempo con respecto a los impulsos de borrado de 60 Hz. Entonces ocurre el borrado vertical durante el tiempo de traza en lugar del tiempo de retraza. Por lo demás, cada diente de sierra avanza en el tiempo de traza durante los sucesivos impulsos de borrado. En consecuencia, la barra de borrado

impulso de borrado tiene una anchura de 10 μs, y reproduce el negro en casi una sexta parte de cada línea. Recuérdese que el extremo de la izquierda de la imagen sigue inmediatamente al borrado horizontal. Por lo demás, el borrado avanza más en el tiempo de traza de los sucesivos ciclos en dientes de sierra. En cada línea sucesiva, el negro está más hacia la derecha.

Como al mismo tiempo está ocurriendo la exploración vertical, el área negra desciende cuando progresa hacia la derecha. Aquí sólo están ilustradas cinco líneas de exploración, pero si estuviesen representadas todas las líneas, el resultado sería una barra negra diagonal desde la parte superior izquierda hasta el ángulo inferior derecho. Luego se repite la misma acción en cada barra diagonal anterior. La misma idea se aplica al caso de frecuencia del oscilador demasiado baja, pero el negro comienza en el ángulo superior derecho y progresa diagonalmente hacia abajo hasta el ángulo inferior izquierdo.

Entre las barras negras diagonales es reproducida la imagen en posición errónea hasta tal punto que realmente no puede ser reconocida. Cerca de la parte inferior de cada barra, la información de imagen está invertida realmente en posición izquierda-derecha. Además, el retorno horizontal durante el tiempo visible ensancha la información de negro o de blanco en toda la extensión de la pantalla.

Preguntas de prueba 13-9
Respuestas al final del capítulo

Referencia a la figura 13-8.

a. ¿Qué representa la barra negra diagonal, el borrado *V*, o el borrado *H*?

b. ¿Es demasiado alta o demasiado baja la frecuencia del oscilador?

13-10 Fuentes de alimentación

Una fuente de alimentación rectifica su entrada de c.a. para proveer salida de c.c. El receptor de televisión tiene varios rectificadores de potencia para las tensiones de c.c. de trabajo necesarias. La alta tensión es necesaria para el ánodo, o ultor, del tubo de imagen. La baja tensión es necesaria para los amplificadores de señal débil, tales como los amplificadores de sincronismo, amplificadores de FI, procesado de croma y las etapas del sintonizador RF. A continuación están indicados los diferentes requisitos de alimentación de las tensiones de c.c. para un receptor normal de TV en color de 19 pulgadas:

25 kV para el ánodo del tubo de imagen, o ultor.

5 kV para la rejilla de enfoque del tubo de imagen (*G*3)

700 V para la rejilla pantalla del tubo de imagen (*G*2)

200 V para la etapa vídeo de salida

130 V para la etapa horizontal de salida

18 a 35 V para los amplificadores que utilizan transistores de señal débil y unidades de circuito integrado.

Todas estas tensiones están producidas por rectificadores de la fuente de alimentación en el circuito de la figura 13-9. Excepto las necesarias para el tubo de imagen, las tensiones c.c. de alimentación se utilizan para los amplificadores de señales de c.a.

Suministro de alta tensión de retorno. En la figura 13-9, el transformador de salida horizontal T_1 tiene un arrollamiento de alta tensión que provee aproximadamente 8,5 kV de entrada de impulso al triplicador de tensión. Esta unidad tiene tres rectificadores internos. El impulso de retorno es generado por el rápido retorno horizontal. La salida de c.c. del triplicador, de aproximadamente 25kV, es conectada al botón ultor del tubo de imagen. Su capacidad, de aproximadamente 1.500 pF, constituye el condensador de filtro.

Además, se emplea una toma del transformador para el rectificador de enfoque *D*1. Se emplea este método para los tubos de imagen en color con enfoque de alta tensión. La salida de c.c. es de aproximadamente 5 kV, ajustada por R_1 para obtener el mejor enfoque de la imagen.

Fuente de alimentación de baja tensión. Referencia a la figura 13-9. Los valores más bajos necesarios para la tensión c.c. de alimentación son producidos por una combinación de rectificador de línea cuya entrada está conectada a la línea de distribución de energía de c.a. y rectificadores conectados a diferentes tomas del transformador de salida horizontal T_1. En el rectificador de la línea se puede utilizar un circuito de media onda, un doblador de tensión o un rectificador en puente. En el circuito de salida horizontal, los diodos

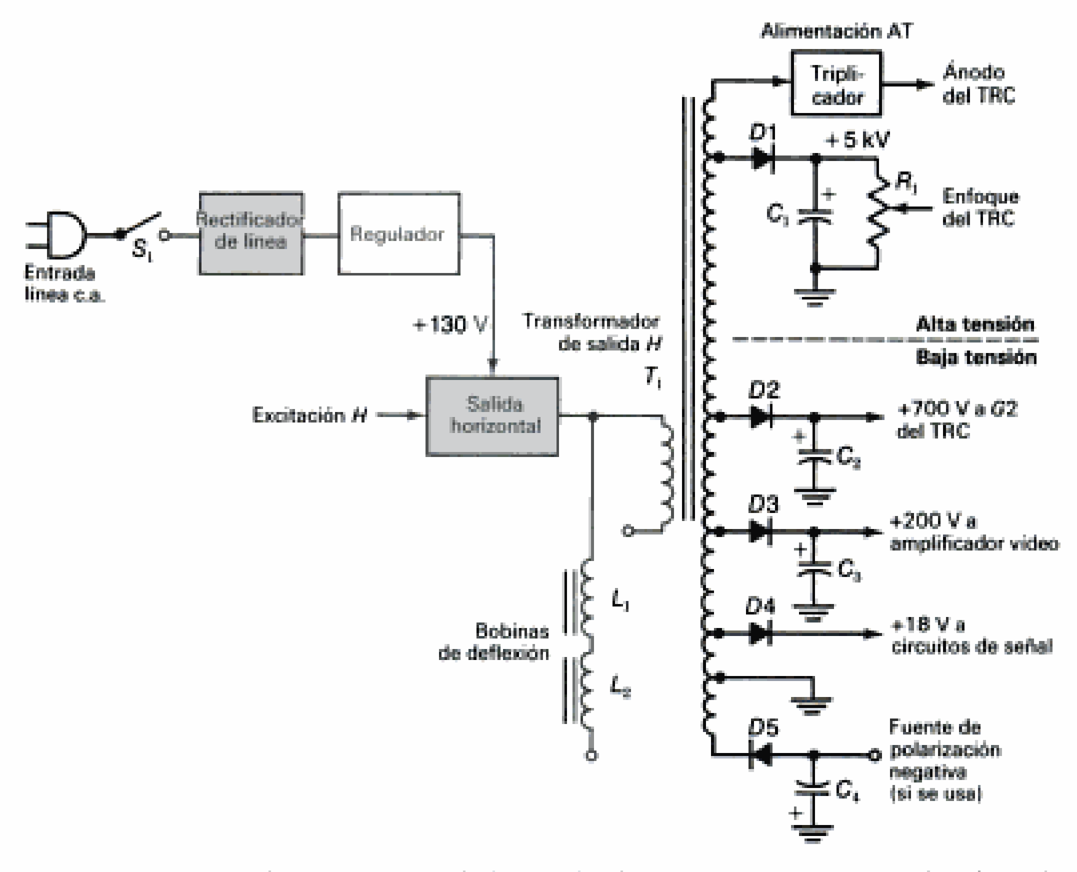


Fig. 13 - 9. Fuentes de alimentación de baja y de alta tensión en el receptor de televisión.

*D*2 a *D*5 proveen diferentes valores de tensión c.c. de salida. Hay incluida una fuente o suministro invertido con salida negativa de c.c., si es necesario, para polarización negativa. Estos rectificadores de baja tensión utilizan la tensión de exploración horizontal producida durante el tiempo de traza. Este método se suele denominar *alimentación de tensión de exploración*.

El uso del método de tensión de exploración ofrece varias ventajas. Primera, se pueden obtener diferentes tensiones c.c. de alimentación fácilmente de diferentes tomas del transformador de salida horizontal. Este método es mucho más eficiente que el de resistor de drenaje con tomas o resistor de caída de tensión, a causa de que no se desperdicia potencia I^2R en el calentamiento de los resistores. Segundo, la ondulación de c.a. tiene la frecuencia de exploración horizontal de 15.750 Hz, que es mucho más fácil de filtrar que la frecuencia de la línea de energía de 60 Hz.

Generalmente el rectificador de línea utiliza un regulador de tensión para la salida de c.c., como en la figura 13-9. Su propósito es poder obtener un valor fijo de la tensión c.c. de salida rectificada ante las variaciones de la intensidad de la corriente de carga. Algunos reguladores utilizan un *transistor de paso en serie* en el camino de la corriente de carga. Se varía la conducción por una tensión de control de error para regular la salida de c.c. En un método más eficiente se utiliza *regulación del modo de conmutación*. En este sistema, la corriente de carga de salida oscila al ritmo de la conmutación. Su eficiencia es muy alta a causa de que la salida es regulada por el control del ciclo de servicio de los impulsos de corriente entregados a la carga. El regulador disipa poca potencia porque conduce con muy baja resistencia o está en corte con corriente nula.

El rectificador de línea de la figura 13-9 provee la tensión de c.c. de alimentación para el amplificador horizontal de salida. Esta etapa produce la potencia para los suministros de la tensión de exploración. Eventualmente, toda la potencia de c.c. proviene de la línea de energía de c.a.

Preguntas de prueba 13-10
Respuestas al final del capítulo

Referencia a la figura 13-9.

a. ¿Es el triplicador para alta tensión, o es para baja tensión?

b. ¿Cuál es el diodo para la tensión de enfoque?

c. ¿Qué diodo está incorporado en una fuente de alimentación invertida?

d. ¿Para qué se utiliza el regulador de tensión, para el rectificador de línea, o para el rectificador de enfoque?

13-11 Averías en la exploración horizontal y en el CAFH

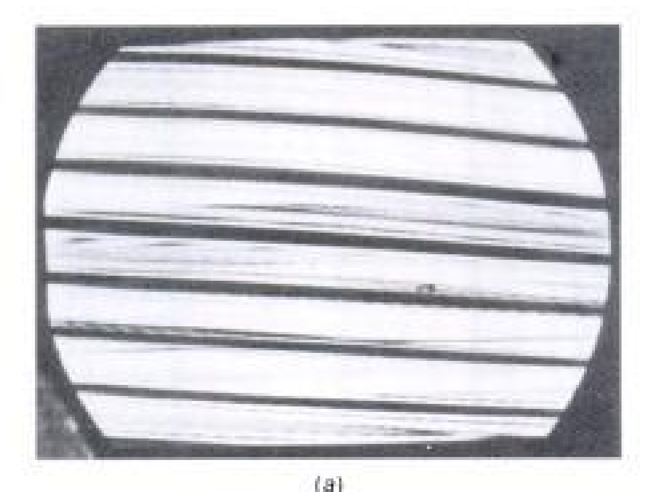
A causa de la alta tensión de retorno, los problemas del brillo se pueden atribuir a los circuitos de deflexión horizontal. Sin exploración horizontal, no hay tensión de ánodo en el tubo de imagen, ni brillo en la pantalla. Los errores de frecuencia del oscilador *H* hacen que la imagen se rasgue en segmentos diagonales. El CAF horizontal es realmente un circuito de sincronismo, pero está tan estrechamente relacionado con el oscilador horizontal que ambos se consideran conjuntamente.

No hay salida horizontal. Esta avería puede estar originada por un defecto del oscilador horizontal, del excitador o de la etapa de salida. Sin embargo, sin deflexión vertical no se verá una sola línea vertical correspondiente a la única línea horizontal. En vez de esto, el síntoma es la pérdida total de la trama ya que la alta tensión de retorno depende de la salida horizontal. Se podrá ver una sola línea vertical durante el instante del fallo a causa de la alta tensión almacenada en la capacidad del ánodo del tubo de imagen.

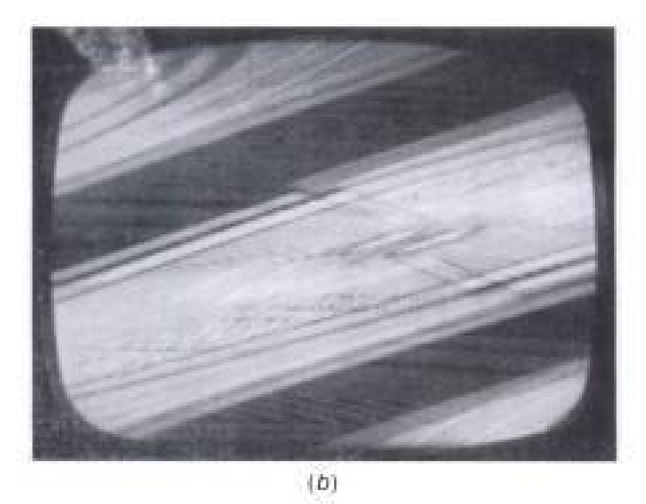
Fuentes de tensión de exploración. En muchos receptores algunos suministros o fuentes de baja tensión se toman también de la salida horizontal. Entonces son aún más generales los resultados de ausencia de salida horizontal. El receptor queda completamente inerte, sin trama, ni imagen ni sonido.

Errores de frecuencia horizontal. El resultado de los errores de frecuencia horizontal es un conjunto de barras negras inclinadas que se convierten en segmentos diagonales de la imagen. Cada barra es un trozo de borrado horizontal. Cuando el problema consiste en el sincronismo, se puede ajustar el control de frecuencia horizontal para producir una sola imagen, pero ésta salta rápidamente a un lado u otro. Este efecto demuestra que el oscilador horizontal puede funcionar en la frecuencia correcta, pero no está enganchado por el sincronismo *H*. Se pueden ver los mismos efectos cuando no es suministrado al sistema de CAF el impulso de realimentación *H*. Para temporizar el circuito comparador son necesarios ambos impulsos de sincronismo y realimentación.

Un error de frecuencia en el oscilador horizontal produce el mismo efecto de barras negras



(a)



(b)

Fig. 13 - 10. Efectos visuales de los errores de frecuencia en oscilador horizontal. (a) Error grande. (b) Error pequeño.

diagonales, pero el control de sincronismo *H* o de frecuencia puede no tener suficiente margen para corregir el error. Un error grande de frecuencia da por resultado un gran número de bandas negras delgadas y casi horizontales, como muestra la figura 13-10*a*. Cuando se llega a conseguir casi la frecuencia correcta, el número de barras disminuye y cada una se hace más ancha, como en la figura 13-10*b*. Obsérvese que pueden ser afectadas la anchura y la altura cuando el oscilador *H* funciona en una frecuencia que no sea la correcta.

Los errores de frecuencia son producidos por cambios de los componentes en el circuito de oscilador. Otra causa es un severo desequilibrio en los circuitos diodo del comparador de temporización. Esta avería produce demasiada tensión c.c. de corrección para el oscilador.

Circuito de desactivación horizontal. Una tercera causa de grandes errores de frecuencia es un circuito automático que obligue al oscilador *H* a funcionar fuera de su frecuencia correcta, como protección contra una excesiva tensión que pueda producir rayos X. Otros circuitos de protección contra sobretensión paran realmente al oscilador horizontal en el caso de que se produzca una tensión excesivamente alta. El resultado es una pérdida completa de alta tensión. Cualquier fallo de circuito que pueda elevar anormalmente la alta tensión activa al circuito de desactivación o paro. Los receptores que tienen tensiones anódicas superiores a 15 kV contienen un circuito de desactivación. En EE.UU. es necesaria esta característica en los receptores en color para reducir la alta tensión o hacer ininteligible la imagen si hay cualquier peligro de emisión de rayos X.

Preguntas de prueba 13-11
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. La falta de salida horizontal es causa generalmente de que aparezca una línea vertical brillante en la pantalla del tubo de imagen.
b. Generalmente los circuitos de exploración horizontal no tienen control de frecuencia.
c. La figura 13-10*b* muestra un error de frecuencia más grande que el de la figura 13-10*a*.

RESUMEN

Las funciones de las etapas en los circuitos de sincronismo y exploración están resumidas en las tablas 13-1 a 13-3. Algunos receptores utilizan el método de enganche de generador ilustrado en la figura 13-6, donde se emplean circuitos digitales para enganchar los osciladores *H* y *V* en las frecuencias de sincronismo. En este sistema no son necesarios los controles de sincronismo *H* y *V*. Los receptores con tensiones anódicas superiores a 15 kV tienen un circuito de desactivación como protección contra una alta tensión excesiva que pueda causar emisión de rayos X.

TABLA 13-1
FUNCIONES DE LOS CIRCUITOS PARA SINCRONISMO

ETAPA	ENTRADA	SALIDA	NOTAS
Separador de sincronismo	Vídeo compuesta	Sincronismo total sin vídeo	El sincronismo incluye los impulsos *H*, *V* y *E*
Integrador de sincronismo *V*	Sincronismo total	Sincronismo *V* solo para oscilador *V*	Filtro de paso bajo *RC*
CAF horizontal	Sincronismo *H*	Tensión c.c. de control para oscilador *H*	Detector de fase con doble diodo

TABLA 13-2
FUNCIONES DE LOS CIRCUITOS PARA EXPLORACIÓN VERTICAL

ETAPA	ENTRADA	SALIDA	NOTAS
Oscilador *V*	Sincronismo *V* desde integrador	Impulsos de 60 Hz para la red conformadora de onda	Funciona con o sin sincronismo; incluye control de sincronismo *V*
Red conformadora de onda *V*	Impulsos desde oscilador *V*	Tensión trapecial a amplificador *V*	Redes *RC*; incluye controles de linealidad *V* y altura
Amplificador *V*	Excitación de 60 Hz desde red conformadora de onda	Corriente de exploración en diente de sierra de 60 Hz en bobinas *V* del yugo de deflexión	Similar al amplificador de potencia de clase A; puede ser un circuito en contrafase

TABLA 13-3
FUNCIONES DE LOS CIRCUITOS PARA EXPLORACIÓN HORIZONTAL

ETAPA	ENTRADA	SALIDA	NOTAS
Oscilador *H*	Tensión c.c. de control desde diodos CAF	Impulsos de 15.750 Hz para etapa de excitador	Funciona con o sin sincronismo; incluye control de sincronismo *H*
Excitador *H*	Impulsos estrechos desde oscilador *H*	Impulsos de excitación más anchos para amplificador *H*	La anchura del impulso determina el tiempo de conducción del amplificador *H*
Amplificador *H*	Impulsos de excitación de 15.750 Hz	Trampa lineal de 15.750 Hz de corriente en bobinas *H* del yugo de deflexión	Amplificador clase C; tiempo de conducción aproximado 50%; también suministra al rectificador de alta tensión y al amortiguador
Rectificador de alta tensión	Impulsos de retorno desde salida *H*	Tensión c.c. de ánodo del tubo imagen	Se puede utilizar triplicador o cuadruplicador de tensión

9. ¿En cuál de los circuitos de deflexión *V* o *H* no hay usualmente controles de linealidad y de tamaño?
10. Las personas aparecen en la imagen con piernas largas. ¿Cuál de los controles de linealidad se debe ajustar, el *V* o el *H*?

PREGUNTAS DE ENSAYO

1. Enumerar las funciones del separador de sincronismo, del circuito de CAF horizontal y del integrador vertical.
2. Enumerar la función de cada etapa del circuito de deflexión vertical.
3. ¿Cuál es la función de cada etapa del circuito de deflexión horizontal?
4. Explicar brevemente cómo se produce la alta tensión de retorno para el ánodo del tubo de imagen?
5. ¿Qué se entiende por fuente de tensión de exploración para la baja tensión?
6. ¿Qué es el sistema de enganche de generador para la deflexión?
7. ¿Por qué constituye el ruido un problema en lo que concierne al sincronismo?
8. Enumerar tres controles de los circuitos de deflexión *V* y explicar la función de cada uno.
9. ¿Por qué no hay provistos controles en el circuito de salida horizontal?
10. ¿Por qué es necesaria la forma de onda en diente de sierra para la corriente de exploración en las bobinas de deflexión?
11. ¿Qué es una forma de onda trapecial de tensión?
12. ¿Cuál es la función del circuito integrador vertical?
13. ¿Cuál es la función del circuito CAF horizontal?
14. ¿Qué etapa de los circuitos de deflexión requiere más potencia?
15. Describir brevemente dos averías del sincronismo.
16. Enunciar dos problemas de los circuitos de deflexión *V*.
17. Enunciar tres averías posibles en los circuitos de deflexión *H*.
18. ¿Qué dos problemas pueden ser causa de frecuencia incorrecta de la exploración *V* o *H*?
19. ¿Cuál es la causa de que la imagen suba o baje en la pantalla?
20. ¿Cuál es la causa de que la imagen se rasge en segmentos con barras diagonales?
21. Enunciar las funciones de tres rectificadores en la figura 13-9.
22. ¿Cuál es la función de un regulador de tensión de la fuente de alimentación?

PROBLEMAS

Soluciones de los problemas de número impar al final del libro

1. Calcular la constante de tiempo RC con $R = 10\ k\Omega$ y $C = 0{,}01\ \mu F$.
2. Comparar la constante de tiempo RC de $100\ \mu s$ con la anchura del impulso *H* de sincronismo.

3. Una etapa de salida horizontal tiene los valores promediales $I_C = 2$ A y $V_C = 24$ V. ¿Cuál es la disipación de potencia de c.c.?
4. Un rectificador con amortiguador de diodo produce salida de c.c. a 180 V, conectado en serie aditiva con 34 V de la fuente de alimentación de baja tensión. ¿Cuál es la tensión B^+ reforzada?
5. Una etapa de salida horizontal está en corte durante la retraza y el 40% de la traza. ¿Cuántos microsegundos está conduciendo el transistor?
6. Las bobinas de exploración vertical tienen inductancia $L = 40$ mH con $R = 50\ \Omega$. Calcular la reactancia inductiva X_L para una corriente senoidal en 60 Hz.
7. Las bobinas de exploración horizontal tienen inductancia $L = 10$ mH con $R = 12\ \Omega$. Calcular la reactancia inductiva X_L para corriente senoidal de 15.750 Hz.

PREGUNTAS ESPECIALES

1. Enunciar dos defectos que se hayan apreciado en la imagen de televisión y que estén relacionados con el sincronismo de la deflexión.
2. ¿Por qué se llaman controles de *sincronismo* a los que hacen variar las frecuencias *V* o *F* del oscilador?
3. ¿Por qué las averías de sincronismo de deflexión son esencialmente las mismas en los receptores monocromáticos y en los de color?
4. Explicar la diferencia entre el sincronismo de deflexión y el sincronismo de color.
5. Explicar la diferencia entre funcionamiento en clase A y funcionamiento en clase C de un amplificador.
6. Comparar un amplificador en contrafase con un circuito de un solo terminal de salida.
7. ¿Por qué se considera al separador del sincronismo como una etapa de los circuitos de señal, y no de los circuitos de trama?

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE PRUEBA

13-1 **a.** V (verdadero) **b.** F (falso) **c.** V

13-2 **a.** F **b.** V **c.** V

13-3 **a.** Separador de sincronismo **b.** *C* **c.** 50 μs

13-4 **a.** Sincronismo *V* **b.** Salida **c.** Salida

13-5 **a.** F **b.** V **c.** V

13-6 **a.** Sincronismo **b.** Alta tensión **c.** Clase C

13-7 **a.** V **b.** F **c.** V

13-8 **a.** *V* **b.** Alta

13-9 **a.** *H* **b.** Alta

13-10 **a.** Alta tensión **b.** *D*1 **c.** *D*5 **d.** Rectificador de línea

13-11 **a.** F **b.** F **c.** F

14

Circuitos del receptor de televisión en color

La principal diferencia entre los receptores monocromáticos y los de color, además del tubo de imagen, es que el receptor en color tiene una sección croma de 3,58 MHz. Como ilustra la figura 14-1, el detector vídeo suministra la señal vídeo colorplexada al amplificador separador o buffer. Luego la señal de croma de 3,58 MHz pasa a los circuitos de color que proveen las señales de color rojo, verde y azul para el tubo de imagen en color. La imagen reproducida está representada en la lámina de color I. (Todas las láminas de color se encuentran en el capítulo 8).

En la sección de croma es seleccionada y amplificada la señal subportadora de 3,58 MHz en un amplificador de color que excita los circuitos demoduladores de color. En el demodulador, la señal croma modulada bate con la salida de onda continua (CW) desde el oscilador de color para recuperar la información de rojo, verde y azul necesaria en el tubo de imagen en color. La sección de croma regenera la señal subportadora de 3,58 MHz necesaria para la demodulación.

La señal de luminancia *Y* también es necesaria para la información de blanco y negro. Las señales vídeo de color superponen una imagen plenamente coloreada sobre la imagen monocromática. En las secciones siguientes se explican los requisitos especiales para la señal de luminancia en un receptor en color y los circuitos de la sección de croma de 3,58 MHz:

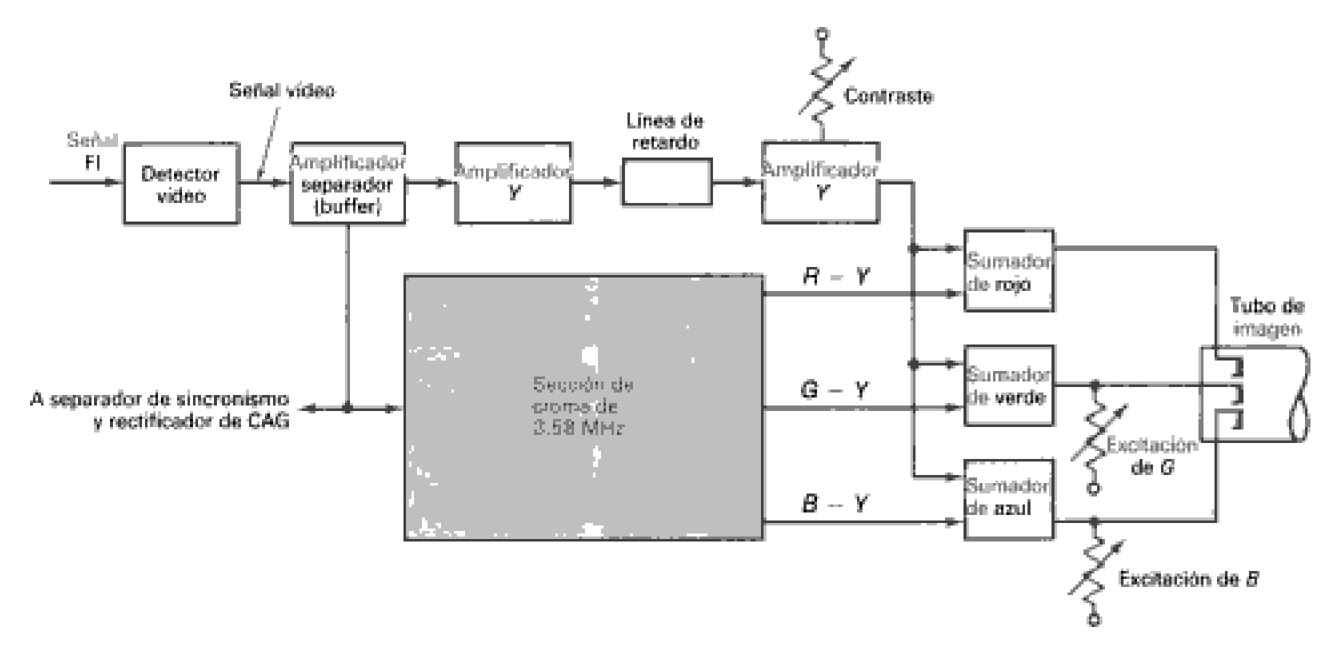


Fig. 14 - 1. Camino de la señal de luminancia Y *que produce la imagen en blanco y negro en un receptor de televisión en color.*

14-1 Producción de la imagen de luminancia

La imagen de pleno color se basa en la luminancia, imagen monocromática o de blanco y negro. En efecto, a ésta se le añade el color, pero sólo en las áreas más grandes de la imagen, aquellas que corresponden a las frecuencias vídeo de 0,5 MHz o menos. Se puede comparar el sistema con un libro que tiene ilustraciones en blanco y negro sobre las que se añaden los colores en las áreas más grandes.

En los antiguos receptores en color se utilizó una sola etapa de salida vídeo *Y* para excitar los tres cañones electrónicos. Actualmente el sistema usual consiste en utilizar tres etapas de salida excitadas en paralelo, como en la figura 14-1. Estas etapas sirven también como adicionadoras para combinar la señal *Y* con las señales diferencia de color.

Durante la recepción monocromática o cuando se suprime el color en la sección de croma, se aplica una señal negativa *Y* a los tres cátodos. Obsérvese que la señal $-Y$ aplicada a un cátodo corresponde a una señal *Y* positiva en la rejilla de control. Entonces la imagen reproducida es una imagen neutra, sin color. Aunque la señal *Y* produce sólo la imagen en blanco y negro, es la base sobre la cual se añade el color.

Controles de excitación, *R*, *G* y *B*. Si la eficiencia de emisión de luz de los tres fósforos fuese la misma, la relación necesaria de las tensiones de excitación vídeo sería 1:1:1 para los tres cañones. No hay que confundir estos valores con las proporciones 30:59:11 de *R*, *G* y *B* que constituyen la señal *Y*. Las relaciones *Y* producen una escala de gris que aparece como natural cuando es determinada por la respuesta visual del ojo humano. Sin embargo, en el tubo de imagen los fósforos no son igualmente eficientes, en cuanto a la salida de luz. Por tanto, habrá que hacer algún ajuste para equilibrar las corrientes de haz de blanco de pico para producir el blanco natural. Esta función se realiza por los controles de excitación de *R*, *G* y *B* en las etapas sumadoras de salida vídeo. Los controles son ajustes de servicio o puesta a punto, usualmente colocados en la pared posterior del receptor.

En la disposición normal hay dos controles de excitación, como muestra la figura 14-1, en lugar de tres. El canal de color menos eficiente, generalmente el de rojo, es excitado con una máxima ganancia fija. Luego se pueden ajustar los controles de excitación *G* y *B* para reducir el verde y el azul hasta el equilibrio, el cual lo indica un blanco de pico neutro.

El equilibrio se prueba visualmente suprimiendo el color y observando las partes más brillantes de la imagen. Los controles de excitación se ajus-

tan hasta producir un blanco neutro, sin color en las partes más brillantes de la imagen (altas luces). Es mejor hacer estos ajustes con una imagen monocromática. Recuérdese que los controles de polarización de fondo o de rejilla pantalla se ajustan para gris neutro en las partes más oscuras de la imagen.

Control de contraste. El control de contraste está en el amplificador de vídeo *Y*, como muestra la figura 14-1. En la mayoría de receptores está en el panel frontal, por lo que puede ser ajustado por el usuario. El control de contraste tiene sólo un margen estrecho en los receptores en color a causa de que cambiando la amplitud de luminancia se cambia también la saturación de la imagen en color. Realmente, un cambio de contraste requiere el correspondiente cambio en la ganancia de croma, por medio del control de saturación de color. En algunos receptores, hay un control separado de color acoplado mecánicamente con el control de contraste para que, cuando se varíe la posición del control de contraste, varíe la luminancia de acuerdo con la croma. Tal control combinado puede estar designado *control de imagen* en lugar de *contraste*.

Ancho de banda vídeo. Para obtener la plena resolución de luminancia de que es capaz el sistema TV, el amplificador *Y* debe tener una respuesta en alta frecuencia que se extienda uniformemente unos 4,2 MHz. Sin embargo, los receptores en color dan pocas veces esta respuesta. Un problema es la interferencia entre la señal subportadora de color retenida en el canal *Y* y la ondulación de la subportadora residual producida por la sección de croma, donde la señal subportadora de 3,58 MHz es regenerada para la demodulación. Para evitar esta interferencia, generalmente se utiliza una trampa de 3,58 MHz en la cadena del amplificador *Y*.

Por efecto de la trampa de onda de 3,58 MHz, el ancho de banda de la señal *Y* queda limitado a 3,2 MHz. Esta frecuencia vídeo permite una máxima resolución horizontal de 250 líneas aproximadamente.

Para mejorar la resolución, se puede utilizar un filtro de tipo peine en los receptores de pantalla grande y en los modelos de proyección. El filtro de peine suprime las señales de banda lateral de la subportadora mientras deja pasar intactas las frecuencias armónicas de luminancia del orden más alto. En consecuencia, la respuesta de vídeo *Y* se puede extender hasta 4,2 MHz sin interferencia de croma. Esta respuesta de frecuencia corresponde a una resolución de 325 líneas. También se utiliza el mismo filtro de peine que suprime las componentes de croma en la cadena de luminancia, para extraer o derivar la señal de color de 3,58 MHz que alimenta la sección de croma.

Efecto de la componente de c.c. sobre el color. En el extremo inferior de la banda de paso de frecuencias vídeo está la componente de c.c. que varía muy lentamente cuando cambia el brillo medio de la escena. El efecto de pérdida de la componente de c.c. sobre la imagen en blanco y negro no es demasiado importante. En una imagen en color, sin embargo, la pérdida de la componente de c.c. hace que cambie el color. La razón es que el equilibrio de verde, rojo y azul es afectado por la característica de gamma del tubo de imagen. Con un exponente gamma de 2,2, el tubo de imagen eleva al cuadrado prácticamente los valores de pico de las señales vídeo. Por ejemplo, consideremos un color constituido por 1 parte de rojo, 2 partes de verde y 3 partes de azul. El efecto de gamma es producir relaciones entre las corrientes de los haces de 1:4:9 para las señales de pico de la excitación de vídeo. Estos valores producen un color muy diferente del de los valores que producen las proporciones de 1:2:3. La corrección necesaria de gamma corresponde a la señal vídeo, pero la componente de c.c. debe ser preservada para conservar el equilibrio. Por esta razón, generalmente se emplea acoplamiento directo entre el detector de vídeo y el tubo de imagen en las etapas amplificadoras de vídeo *Y*. También se utiliza acoplamiento directo en la cadena de demoduladores croma de los amplificadores vídeo de color que excitan al tubo de imagen.

Cuando es bloqueado el nivel de c.c. por acoplamiento capacitivo, son necesarios circuitos fijadores de pedestal para restaurar la componente de c.c. El circuito puede utilizar un rectificador diodo o ser una función de un circuito integrado que reinserta un nivel de c.c. proporcional a la cantidad de la componente de c.c. que falta. Esta disposición se denomina *circuito restaurador de c.c.* o *fijador de nivel*.

Preguntas de prueba 14-1
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Produce la señal *Y* una imagen monocromática, o una imagen en color?

b. ¿Los controles de excitación se ajustan para el blanco, o para el gris oscuro?
c. ¿Qué color primario no tiene generalmente un control de excitación?

14-2 Sugerencias para la localización de averías en los receptores en color

La idea principal a recordar es que el color está superpuesto a una imagen monocromática que es producida sobre una trama blanca de exploración. El blanco es el color principal a verificar porque lo produce el tubo de imagen tricolor combinando, rojo, verde y azul en proporciones correctas. Los requisitos para los cañones electrónicos están indicados en la figura 14-2.

1. Cada cañón debe tener la polarización y la tensión de pantalla de *G*2 correctas. El resultado es un blanco neutro o una trama gris.
2. Cada cañón tiene una señal *Y* para producir una imagen monocromática. La señal monocromática es suministrada por la sección del amplificador vídeo *Y*.
3. Cada cañón es alimentado con señales vídeo *R*, *G* y *B* para la imagen de color. La sección de croma procesa la señal de 3,58 MHz para suministrar la vídeo de color al tubo de imagen.

Es imposible obtener una imagen correcta de color si el receptor no presenta una imagen neutra de blanco y negro cuando son inhabilitados o desconectados los circuitos de croma. La imagen monocromática no puede ser neutra si no lo es también la trama.

Siempre que aparezca un color erróneo, lo primero que se debe hacer es suprimir el color e inspeccionar la imagen en blanco y negro. En muchos receptores puede ser necesario desconectar los circuitos automáticos de color antes de que pueda ser éste completamente suprimido retrocediendo hasta cero el control de color del panel frontal.

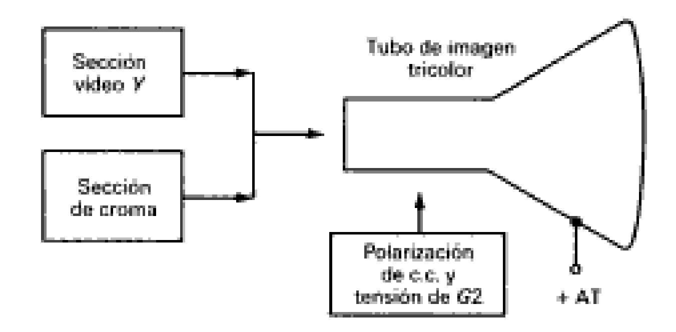


Fig. 14 - 2. Requisitos de señal para color superpuesto a imagen monocromática en trama blanca.

Por ejemplo, consideremos el caso de un cañón de rojo inerte o inutilizado en el tubo de imagen. Habrá carencia de rojo allí donde debe aparecer en la imagen de color. Suprimiendo el color aparecerá una imagen negro-ciano en lugar de blanco y negro. Además, la trama también será ciano si se suprime la señal *Y*. No habrá que considerar este problema como uno de color. El defecto no radica en los circuitos de procesado de croma sino en las secciones que producen una imagen monocromática sobre una trama blanca.

Una regla de aplicación general será inspeccionar la imagen monocromática. La reproducción en blanco y negro es más difícil a causa de que este proceso requiere que todos los colores estén presentes en proporciones correctas.

El fallo en una de las tres etapas de adicionador o sumador de salida vídeo afectará drástricamente al equilibrio de color, haciendo que la imagen monocromática adquiera un matiz predominante. No sólo es esto un problema de falta de señal de c.a., sino que también afecta a los valores de c.c. Por ejemplo, consideremos una etapa sumadora de verde abierta. La tensión del cátodo del cañón de verde aumenta hasta la tensión de alimentación y esto corta la corriente del haz de este color. El resultado es una imagen magenta en lugar de blanco y negro.

Un transistor cortocircuitado en la etapa de salida de verde tiene el efecto opuesto. Ahora queda suprimida completamente la polarización de cátodo del cañón de verde. El alto valor de la corriente del haz hace que la imagen aparezca definitivamente verde. En algunos casos, la corriente excesiva del haz puede cargar el suministro de alta tensión y producir el síntoma de ausencia total de brillo y trama.

Una avería en la cadena del amplificador vídeo *Y* antes de los sumadores tiene el efecto de suprimir la información de luminancia. Sin embargo, la información de color se mantendrá siempre que la avería ocurra después del punto de derivación de la señal de 3,58 MHz en la sección de croma. Cuando se retrocede el control de color hasta el tope de la izquierda, desaparece la imagen. La razón es que no hay señal de luminancia ni tampoco señal de color.

Preguntas de prueba 14-2
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Cuando se inhiba el cañón de azul, la imagen monocromática y la trama serán amarillas.
b. No se puede producir una imagen monocromática sin la sección de croma de 3,58 MHz.
c. Una etapa abierta de sumador de salida de verde da por resultado una imagen magenta.

14-3 Necesidad del retardo de luminancia

Las señales de luminancia y crominancia siguen caminos separados después del detector de vídeo, pero se vuelven a reunir en las etapas sumadoras de salida como señal *Y* y señales diferencia de color decodificadas, tal como muestra la figura 14-1. El camino de luminancia es de banda ancha, en el margen de frecuencia de aproximadamente 0 a 3,2 MHz. Sin embargo, la señal de croma ocupa un ancho de banda mucho menor, de ±0,5 MHz. El valor de 0,5 MHz es el ancho de banda práctico de la banda lateral de la señal de croma modulada para las frecuencias de vídeo en las señales de color demoduladas. Después de los demoduladores de color están los filtros de paso bajo con el fin de restringir el ancho de banda a 0,5 MHz. Esta reducción da por resultado señales vídeo de color de banda estrecha que tienen un retardo de tiempo mayor que el de la señal vídeo de luminancia. Las señales de color llegan al tubo de imagen demasiado tarde en comparación con la señal de luminancia. Pero la señal *Y* llega demasiado pronto. Esta señal tiene que ser retrasada para que la información de luminancia y la de color se reproduzcan al mismo tiempo. El tiempo de retardo de *Y* necesario es de aproximadamente 0,8 μs.

La figura 14-3 es un ejemplo de retardo de fase y del retardo de tiempo resultante con una onda cuadrada aplicada a un filtro simple *RC* de paso bajo. El filtro es del tipo de paso bajo porque la salida se toma a través del shunt *C*. Si la constante de tiempo es corta comparada con el período de la onda cuadrada, entonces el condensador se cargará completamente en un tiempo 5*RC* aproximadamente. Después que ha pasado el impulso, *C* también se descarga en un tiempo de 5*RC*. En consecuencia, la onda cuadrada aplicada a la entrada tiene un retardo de tiempo en los flancos anterior y posterior de la forma de onda de salida entre los terminales de *C*. La parte efectiva en el

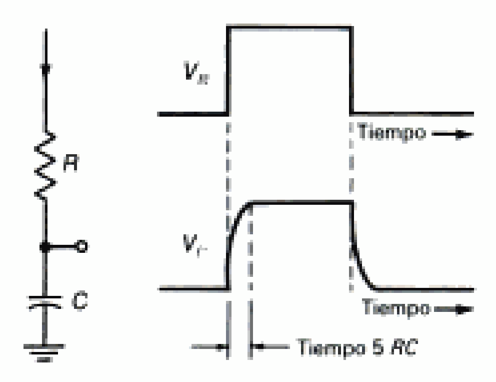


Fig. 14 - 3. Efectos de retardo de un filtro simple RC *de paso bajo.*

extremo superior de la forma de onda está retrasada en el tiempo, como muestra el desplazamiento hacia la derecha en el eje de tiempos.

Esta misma clase de retardo de tiempo tiene lugar en los circuitos de vídeo de color de banda estrecha. Entonces la señal de luminancia de banda ancha llega al tubo de imagen demasiado pronto. Si no se corrige esta discrepancia, las partes de color de la imagen no se adaptarán a los perfiles o contornos bien definidos provistos por la señal de luminancia. Como el color llega después y la exploración tiene lugar de izquierda a derecha, las partes de color de la imagen son desplazadas a la derecha. Asimismo, los bordes anteriores de los objetos de la imagen estarán faltos de color. La combinación hace que los bordes de la derecha aparezcan con mezcla de color. Este efecto será especialmente perceptible en las letras coloreadas del alfabeto y en los números utilizados en los títulos que se leen en la pantalla. El resultado está ilustrado en la figura 14-4 para la letra X.

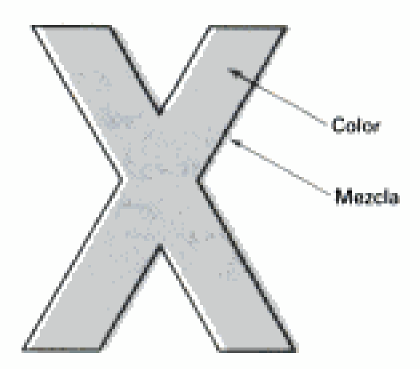


Fig. 14 - 4. Efecto visual del retardo de tiempo de crominancia.



Fig. 14 - 5. Línea de retardo Y del tipo conductor central, arrollamiento en hélice. La longitud es 6 pulgadas (152,4 mm).

La solución a este problema es introducir un retardo de tiempo en la cadena del amplificador vídeo *Y*. El retardo de tiempo insertado para la vídeo *Y* se hace igual al retardo de tiempo natural para la vídeo de color, aproximadamente igual a 0,8 μs u 800 ns.

El retardo de tiempo requerido está provisto por una línea de retardo, tal como la bobina larga ilustrada en la figura 14-5. Corresponde a una línea de transmisión donde el retardo es el tiempo de propagación desde el terminal de entrada hasta el terminal de salida. Además del retardo requerido de 0,8 μs, la línea debe tener una impedancia característica relativamente alta, de 1000 a 2000 Ω. La impedancia debe ser alta para evitar la pérdida de tensión de la señal en la entrada y en la salida. Teóricamente, la impedancia debe estar adaptada en ambos extremos de la línea.

En la figura 14-5 la línea de retardo está fabricada con muchas espiras de hilo fino sobre un

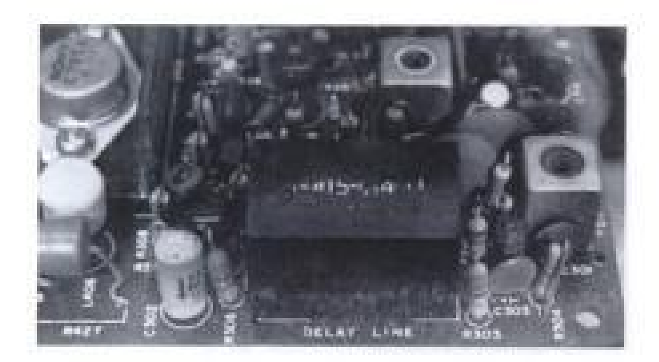


Fig. 14 - 6. Línea de retardo Y del tipo encapsulado y constante concentrada. La anchura es 1 1/2 pulgadas (38,1 mm).



Fig. 14 - 7. Efecto en la imagen con un conductor de masa abierto en la línea de retardo Y.

cilindro aislante. Un revestimiento conductor alrededor del cilindro sirve como apantallamiento o blindaje. El blindaje está conectado a la masa del chasis, mientras las señales del conductor están presentes en los terminales de entrada y salida. Además del efecto de apantallamiento, la capacidad shunt del blindaje hace que el conductor actúe como una línea larga. En la figura 14-6 está ilustrado otro tipo con constantes concentradas *L* y *C* de línea de retardo. El diámetro es más pequeño, pero también proporciona el retardo de tiempo necesario y las características de impedancia.

Si la línea de retardo no termina en su impedancia característica se producen reflexiones de la señal. La figura 14-7 muestra la imagen cuando el retorno a masa del blindaje está abierto. Un circuito abierto es el caso más extremado de una mala adaptación de impedancia. Cuando el conductor interior está abierto, la avería es ausencia de la señal vídeo *Y*.

La figura 14-8 muestra como está conectada la línea de retardo en serie con la cadena del amplificador vídeo *Y*. La línea de retardo tiene tres terminales. Uno es para la señal de entrada, otro para la señal de salida y el tercero es para la masa del chasis. En el lado de entrada, la vídeo *Y* está acoplada por un amplificador con la *Z* necesaria para activar la línea de retardo. En el lado de salida, la línea de retardo alimenta la señal al amplificador vídeo *Y* final. Su impedancia de entrada es la terminación de la línea de retardo.

El retardo incorrecto puede dar lugar a un color oscuro. El tiempo añadido por la línea de retardo

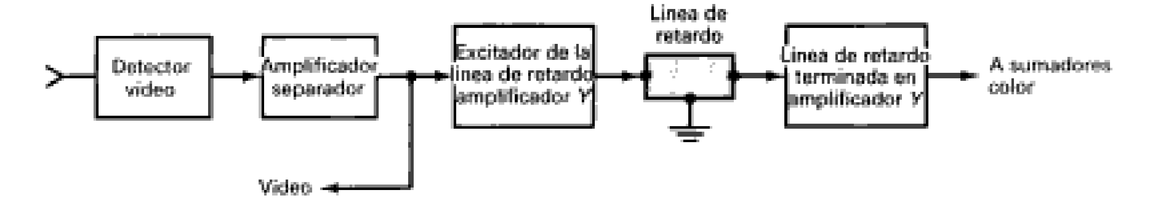


Fig. 14 - 8. Ubicación de la línea de retardo Y en circuitos vídeo. Z de la línea de retardo =1 a 2 kΩ.

tiene un valor determinado o fijo que normalmente es igual al retardo de 0,8 μs introducido en los circuitos de procesado de color; pero una variación del ancho de banda del color originado por mala alineación puede alterar el tiempo de retardo de la señal de color. Menos anchura de banda corresponde a más retardo de tiempo. El ancho de banda reducido afecta a la resolución del color, pero también la imagen aparece como si el tiempo de retardo de *Y* fuera demasiado corto. Realmente, el retardo de color es demasiado largo. En cualquier caso, la imagen tiene mala adaptación del color, como muestra la figura 14-4.

Preguntas de prueba 14-3
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso para la línea de retardo de la figura 14-8.

a. Tiene un tiempo de retardo de 0,8 μs.
b. La impedancia característica es 15 Ω.
c. Un conductor abierto es causa de ausencia de señal vídeo *Y*.
d. Un retorno a masa abierto produce contornos múltiples en la imagen.

14-4 Características especiales de los circuitos de FI

En un receptor en color, es muy importante la parte del espectro de FI que incluye la frecuencia subportadora de color. Este valor de la FI de color es 45,75 − 3,58 = 42,17 MHz. Las bandas laterales de croma se extienden ± 0,5 MHz por encima y por debajo de 42,17 MHz con toda la información de color. En el extremo bajo, 42,17 − 0,5 MHz = = 41,67 MHz, que se aproxima mucho a los 41,25 MHz de la portadora FI de sonido.

Ganancia FI reducida para el color. Es difícil extender la banda de paso de FI uniformemente hasta 41,67 MHz a causa de que se agudizaría mucho la curva de respuesta. Tales cambios abruptos en la respuesta de amplitud van acompañados de una variación de fase no lineal. La

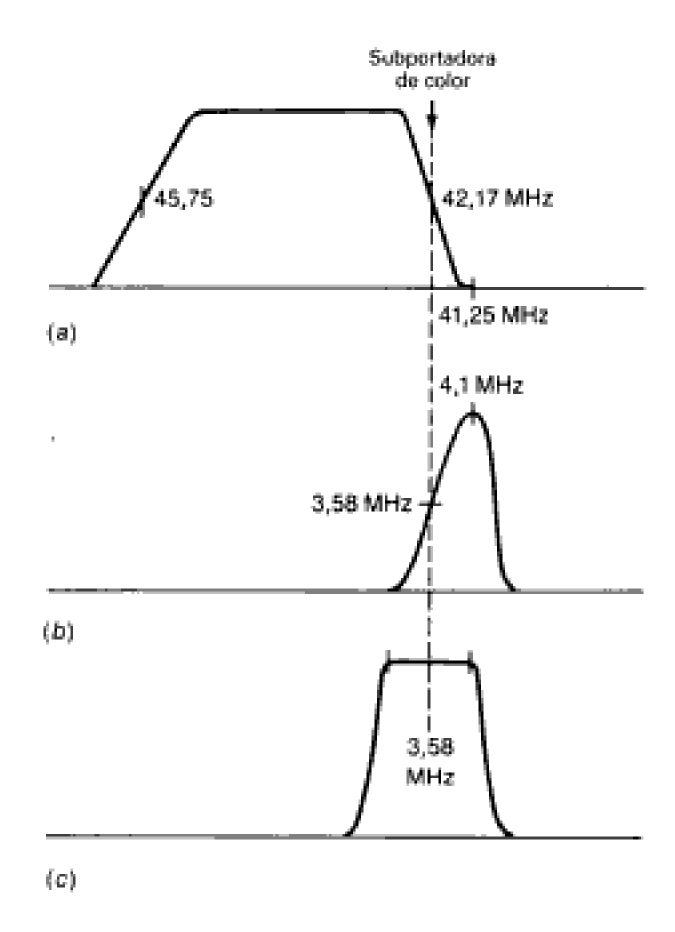


Fig. 14 - 9. Cómo complementa la respuesta del primer amplificador de paso de banda la respuesta de FI para producir ganancia uniforme de ±0,5 MHz a ambos lados de la frecuencia subportadora de color. (a) Curva de respuesta FI. (b) Entrada al amplificador de paso de banda. (c) Respuesta total para la señal de croma de 3,58 MHz.

Hidden page

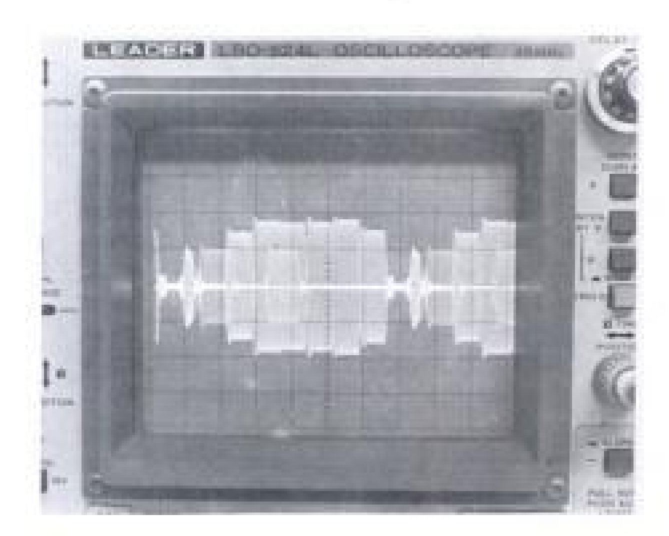


Fig. 14 - 13. Forma de onda del oscilograma a la frecuencia H de la señal estándar de barras de color en la salida del amplificador de paso de banda. Están faltando el sincronismo de la deflexión y la luminancia, pero permanecen los impulsos de croma y de burst.

hasta los intensos, pero se le denomina generalmente *color* o *intensidad de color*. En un extremo, en el tope de la izquierda, el control desconecta la señal de croma. Entonces es reproducida la imagen en monocromía. Cuando el control de color está en el tope de la derecha, hay provista suficiente ganancia en el amplificador de paso de banda para producir algún grado de sobresaturación.

Control autómatico de color. Esta función debe ser considerada como control automático de ganancia (CAG), para el amplificador de color. En la figura 14-12, el bloque detector del control automático de color (CAC) controla el primer amplificador de paso de banda. El control automático es una adición al control manual de color.

El CAC es necesario para compensar las variaciones de nivel de la señal de croma de 3,58 MHz causadas por lo siguiente:

1. Diferentes respuestas de RF del sintonizador a los diferentes canales.
2. Respuesta no uniforme de frecuencia en la antena.
3. Diferentes cantidades de la intensidad de señal en la antena para los diferentes canales.

El circuito de CAC ajusta la ganancia del amplificador de paso de banda monitorando la amplitud del burst de color. Este nivel es el único factor de la señal de croma que no es afectado por el contenido de la imagen. Como muestra la figura 14-12, el detector de CAC tiene entrada desde el amplificador de burst. La entrada del amplificador de burst determina la cantidad de ganancia que el circuito CAC permite en el amplificador de paso de banda.

Demoduladores de color. La salida del amplificador de paso de banda excita a los dos demoduladores en la figura 14-12. Cada demodulador requiere dos entradas:

1. La señal de croma de 3,58 MHz. Sus bandas laterales contienen la información de color.
2. Señal de onda continua (CW) de 3,58 MHz no modulada desde el oscilador de color. Esta señal es reinsertada para reemplazar a la subportadora suprimida en la transmisión.

Los demoduladores de color son detectores síncronos de amplitud. Son síncronos porque la amplitud de la salida detectada depende de la fase de la señal de onda continua reinsertada en comparación con la señal de croma.

En términos de fase síncrona, hay varias maneras de operar con los demoduladores de color. La salida de color detectada depende de la fase de la entrada de onda continua; además, puede haber dos o tres demoduladores.

Algunos receptores utilizan dos demoduladores para detectar las señales vídeo I y Q cuando son transmitidas. Entonces un circuito de matriz desarrolla las tres señales diferencia de color $R - Y$, $G - Y$ y $B - Y$.

Algunos receptores demodulan directamente las señales vídeo $R - Y$ y $B - Y$. Entonces se utiliza una matriz para crear la señal vídeo $G - Y$.

Otros receptores utilizan dos demoduladores, llamados X y Z, para ángulos de fase específicos. Entonces la salida del detector es convertida a las señales vídeo $R - Y$, $B - Y$ y $G - Y$.

Otros usan tres demoduladores para producir las señales vídeo $R - Y$, $G - Y$ y $B - Y$ directamente.

En cualquier método, cada demodulador debe tener la señal de croma de 3,58 MHz del amplificador de paso de banda (BPA) más la señal de CW de 3,58 MHz con un ángulo dado. En televisión en color, el ángulo de fase determina el matiz del color. El matiz de la señal vídeo detectada depende de la fase de la señal suportadora reinsertada.

En todos los casos, la salida de los demoduladores de color provee las señales diferencia de color $R - Y$, $G - Y$ y $B - Y$. Éstas pasan a los adicionadores o sumadores y son combinadas con la señal Y para las vídeo R, G y B en el tubo de imagen.

Regenerador de subportadora. La parte inferior de la figura 14-12 muestra el regenerador de la subportadora, el cual incluye un oscilador de color de 3,58 MHz. También está incluido el sistema de control automático de frecuencia y fase (AFPC). El própósito del regenerador de la subportadora es generar una señal de CW de 3,58 MHz para los demoduladores de color.

El oscilador de color es controlado por un cristal que resuena en 3,579545 MHz. Por otra parte, el sistema AFPC engancha al oscilador en la frecuencia y la fase de la referencia del sistema, que es el burst de color.

El regenerador de subportadora necesita el burst de 3,58 MHz sin el resto de la señal. En la figura 14-12, el bloque de la parte inferior izquierda es el *separador de burst* o *amplificador de burst*. Esta etapa es un amplificador de banda estrecha sintonizado en 3,58 MHz. Sin embargo, está polarizado para el corte. Los impulsos de retorno horizontal, o impulsos de sincronismo retrasados, son aplicados para poner la etapa en el estado de conducción durante el tiempo de retraza solamente. En este tiempo está presente el burst de color en la señal vídeo. Recuérdese que este burst de color, de 3,58 MHz, está en el umbral posterior del impulso de borrado horizontal. Así la salida del amplificador del burst es el burst de color de 3,58 MHz, separado de la señal vídeo y amplificado para el sistema de AFPC.

El sistema AFPC incluye un circuito de bucle de enganche de fase (PLL). Es comparada una muestra de la salida de 3,58 MHz del oscilador de color con el burst en un detector de fase. Su salida es la tensión c.c. de control que corrige la frecuencia y la fase del oscilador.

La salida del oscilador de color es una señal de onda continua de 3,58 MHz que se reinserta en los demoduladores de color. Es necesaria esta regeneración de portadora porque la subportadora de 3,58 MHz es suprimida en la transmisión. Las bandas laterales no pueden ser demoduladas sin la subportadora. En la figura 14-12, la salida del oscilador pasa directamente a un demodulador. El otro camino tiene una variación de fase fija, indicada por la letra Φ, con el fin de demodular un matiz diferente.

Control de tinte o matiz. Este control está colocado en el panel frontal del receptor para que el usuario pueda ajustar el ángulo de fase de la onda continua alimentada a los demoduladores. Diferentes ángulos de fase corresponden a diferentes matices. El matiz es lo que se suele llamar vulgarmente el color, pero si el cielo es reproducido en azul o en verde es una cuestión de matiz específicamente, y no de saturación. El control de matiz se suele denominar *control de tinte*.

El control de tinte puede estar en el amplificador de burst, el AFPC, o en la salida del oscilador de color. En cualquier caso, el circuito PLL sigue estrictamente la variación de fase insertada por el control de tinte. La rotación de este control provee una variación de fase de ± 30 a ± 45°. Este margen tiene suficiente anchura para cambiar el amarillo en la carta de ajuste de barras de color estándar desde el verde hasta el naranja. Los tonos rosados de la piel pueden ser cambiados desde el verde en un extremo del control de tinte hasta el púrpura en el extremo opuesto.

El control se ajusta para los tintes más conocidos, desde el de la hierba verde hasta el del cielo azul y los tonos correctos de la tez. Cuando estos tonos son correctos, los otros son determinados automáticamente por su fase relativa.

Muchos receptores incorporan modificaciones de diseño para resaltar el naranja de los tonos rosados de la piel que no pueden tener demasiado verde ni púrpura. Además, algunos receptores utilizan la señal de referencia del intervalo vertical (VIRS) para ajustar el tinte y la saturación.

Sistema con oscilador a cristal. Una alternativa al AFPC es el método de excitación por choque del cristal de 3,58 MHz. El burst de color es aplicado directamente al cristal. Entonces el cristal produce oscilaciones temporalmente y continúa oscilando entre los bursts. En este método, el oscilador que sigue al cristal es enganchado directamente por el burst en lugar de por un sistema de engancha de fase utilizando la tensión c.c. de control. La salida de onda continua de 3,58 MHz del oscilador de color se utiliza para excitar los demoduladores de color. El circuito oscilador de cristal se describe posteriormente en la figura 14-25.

Preguntas de prueba 14-5
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. El amplificador de paso de banda está sinto-

nizado en 3,58 MHz con un ancho de banda normal de ± 0,5 MHz.

b. El control de color varía la ganancia del amplificador de paso de banda.
c. El amplificador de burst está inhibido durante el tiempo de retorno H.
d. Un demodulador síncrono necesita dos señales de entrada.
e. El circuito AFPC provee la tensión c.c. de control para el oscilador de color.
f. El control de tinte varía la amplitud de la salida del oscilador de color.

14-6 Averías en los circuitos de croma

Los problemas siguientes sólo afectan a la imagen en color. El receptor puede producir una imagen monocromática en una trama blanca.

Ausencia de color, color débil o demasiado color. Un fallo del amplificador de paso de banda impide que la señal de croma llegue a los demoduladores. Entonces no se pueden producir señales de diferencia de color y los adicionadores sólo tienen la señal Y. El resultado es una imagen monocromática o en blanco y negro. La imagen presenta el mismo aspecto que si el color hubiera sido suprimido girando el control de color completamente hasta el tope de la izquierda o sea totalmente en sentido contrario al de las agujas del reloj.

Una pérdida de ganancia en el amplificador de paso de banda reduce simplemente la cantidad de saturación de color. Los colores aparecen pálidos, sin viveza.

Un fallo del sistema CAC puede tener el efecto opuesto. Ciertas averías permiten que el BPA funcione con la máxima ganancia. El resultado es la sobresaturación. Entonces los colores son demasiado fuertes. Por otra parte, hay excesiva nieve de color, el llamado *confetti*. Éste es basto, a causa de la banda estrecha de ± 0,5 MHz de los circuitos de procesado de color.

Para los demoduladores de color son necesarias dos entradas: la señal de croma y la salida de CW del oscilador de color. Cuando falla cualquiera de ellas, el demodulador no puede producir salida alguna. Por tanto, el fallo del oscilador de color significa que no hay salida vídeo de color de los demoduladores. La ausencia de color en la imagen tiene, pues, dos causas posibles. El defecto puede estar en el oscilador de color o en el BPA. Además, el circuito supresor de color puede ser causa de ausencia de color, como se explica en la sección 14-8.

Colores incorrectos. Existen estas posibilidades. El oscilador de color puede estar funcionando en una fase errónea. O bien puede no funcionar un demodulador, o la señal diferencia de color puede faltar en la salida de la matriz. Hay síntomas específicos de estas averías. La fase incorrecta produce usualmente todos los colores, pero están mal situados. Por ejemplo, el cielo es rojo en lugar de azul y la hierba es magenta en lugar de verde. El fallo de un demodulador da por resultado la falta de algunos colores. Por ejemplo, sin $G - Y$ la imagen carece de verde y de magenta. Recuérdese que magenta es el menos verde, en el extremo opuesto del eje del matiz $G - Y$.

Colores cambiantes. El fallo del sistema de AFPC para el enganche de la subportadora produce un síntoma peculiar. Ahora la fase de la señal de onda continua del oscilador para los demoduladores puede cambiar continuamente con respecto a la señal de croma del BPA. El matiz de los objetos de la imagen cambia continuamente a un ritmo determinado por el error de frecuencia. Por ejemplo, un error de 1 Hz hará que el color de un rostro en la pantalla cambie, pasando por todos los del espectro, o del arco iris, una vez cada segundo. El error de frecuencia suele ser más alto. Cuando es de 60 Hz, que es el correspondiente a la exploración de campo, el color cambia 360° a través de todo el espectro desde la parte superior hasta la parte inferior de la pantalla.

Con valores todavía más altos de error de frecuencia en el oscilador de color, los colores se fraccionan en bandas diagonales con el espectro completo en cada banda. El número de bandas es igual al número de colores apilados verticalmente multiplicados por la frecuencia de exploración de campo de 60 Hz. Por ejemplo, cinco bandas de colores representan un error de frecuencia de $5 \times 60 = 300$ Hz. Las bandas se confunden y es difícil identificarlas en una imagen normal de TV, excepto en los colores sólidos, como se ve en los títulos de los programas. Véase lámina de color VI. En una imagen que tiene barras de color verticales, las bandas del espectro se pueden ver fácilmente.

La pérdida del sincronismo de color indica un fallo del sistema PLL. La causa puede ser que no haya entrada de burst, ni realimentación desde el oscilador de color, o fallo del propio comparador de fase. Otra posibilidad es un error de frecuencia

Entonces el control de contraste es también un control de imagen.

Algunos receptores tienen un botón para operación automática en color. Un divisor resistivo fijo restringe el margen del control manual del color y de los controles de tinte en la posición automática. Entonces no es posible usualmente suprimir completamente el color con el control de color, con el fin de verificar la imagen monocromática. Primero habrá que estar seguro de que el botón no está en su posición automática.

El segundo BPA es una etapa de salida de potencia para alimentar la señal de croma de 3,58 MHz a los demoduladores de color, todos en paralelo. Pueden haber dos o tres demoduladores. Cada uno necesita entrada de señal de croma y la señal de onda continua de 3,58 MHz del oscilador de color.

Preguntas de prueba 14-7
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Varía el circuito de CAC la ganancia del primer BPA, o la del segundo BPA?
b. ¿Varía el control manual de color la amplitud de la señal de croma de 3,58 MHz, o la fase?
c. ¿Alimenta el BPA a los demoduladores, o al oscilador de color?
d. ¿Se utiliza la amplitud del burst para determinar la polarización de CAC, o la fase del oscilador?

14-8 Circuito supresor de color

En todos los receptores en color, el circuito supresor de color inhibe o inhabilita completamente el BPA de color cuando se recibe una señal monocromática. Este método utiliza la presencia o la ausencia de la señal de burst para determinar si el programa es en color. La ausencia de burst significa ausencia de color. Para suprimir la señal de croma de 3,58 MHz, el circuito supresor de color polariza al segundo BPA invalidándolo (fig. 14-14). Este circuito supresor de color utiliza un diodo detector que provee la polarización de c.c. del amplificador de color. La secuencia de funcionamiento se puede resumir como sigue:

Para color: Actúa el burst. El diodo supresor de color provee la polarización normal de BPA. Su señal de croma de 3,58 MHz va a los demoduladores de color.

Para monocromía: No hay burst de color. La polarización del diodo en el circuito supresor de color invalida al BPA.

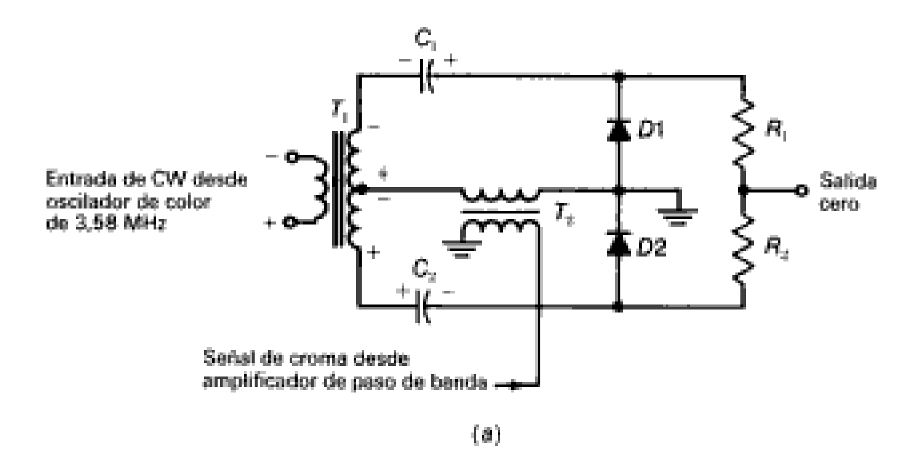
La razón de invalidar al amplificador de color para los programas monocromáticos es que los demoduladores tienden a extraer la señal de color de la información de luminancia de entre 3 y 4 MHz que todavía permanece en el BPA. Las señales de luminancia próximas a 3,58 MHz pueden aparecer en la imagen, especialmente en las figuras de líneas finas. Ejemplos son los listados o cuadros en los vestidos o incluso entre los dientes cuando una persona sonríe. Este efecto varía con la distancia a la cámara a causa de las diferentes frecuencias de vídeo en la información de imagen. Se puede ver un minúsculo espectro de colores en una figura fugaz, que corresponde a las variaciones de la señal de luminancia de alta frecuencia.

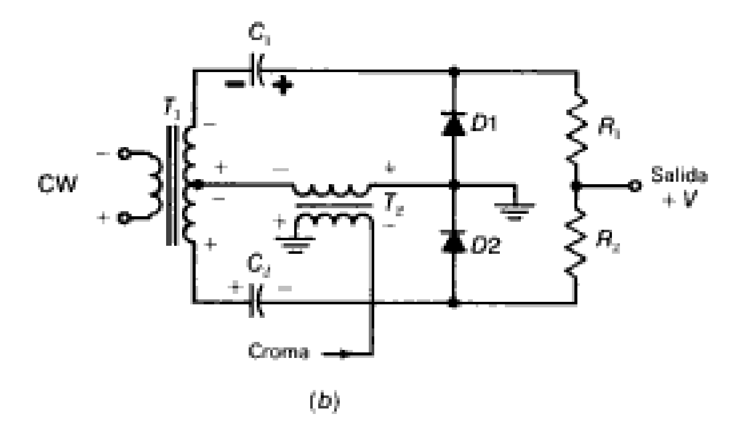
El color dominante de esta interferencia de luminancia es magenta. La razón es que la señal $B - Y$ tiene más ganancia en los amplificadores vídeo de color del receptor, con el fin de compensar el modo de la codificación de los colores en el transmisor. En lo que respecta al ángulo de fase, el matiz del magenta, o del púrpura, se aproxima al de la señal vídeo $B - Y$. Además, la nieve de color, llamada confetti, que aparece en la pantalla cuando se desconecta la antena también es predominantemente magenta. En general, cualquier señal uniforme no preacentuada de determinados colores es reproducida por el receptor principalmente como magenta.

El circuito supresor de color incluye a menudo un control de umbral para ajustar el burst que activará al amplificador de color en la operación normal en color. Este control puede regularse de modo que se pueda suprimir el color en un programa en color. Normalmente, el umbral se ajusta en el punto en que se produce justamente el color. Además, el ajuste debe suprimir el confetti de color en la pantalla cuando no haya imagen.

El detector supresor de color está diseñado para suprimir también el ruido. De otra manera, el ruido podría actuar como una señal de burst que activase al amplificador de color. Un supresor de color que funcione correctamente eliminará el ruido y el confetti en una trama con nieve cuando se desconecta la antena o se conmute el receptor a un canal no utilizado.

El circuito supresor de color añade un factor importante que debe ser considerado en la localización de averías de los circuitos de croma. Por ejemplo, hemos dicho que la pérdida del burst





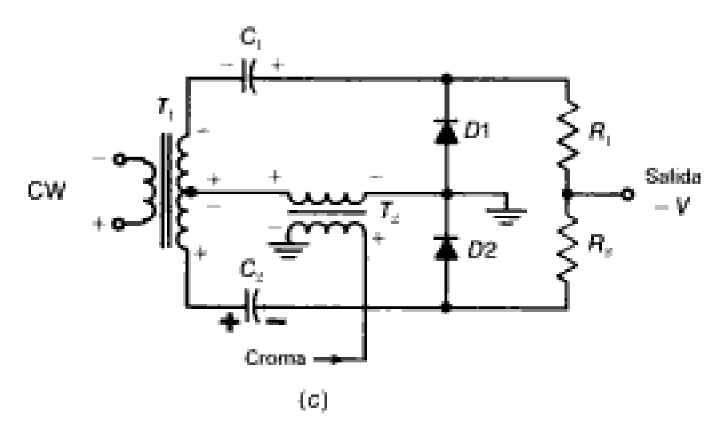


Fig. 14 - 15. Tipo básico de circuito demodulador de color con diodos equilibrados. (a) *La ausencia de entrada desde el amplificador de paso de banda significa que no hay salida de demodulador.* (b) *Señal del amplificador de paso de banda en fase con la CW de 3,58 MHz del oscilador de color.* (c) *La señal del amplificador de paso de banda está desfasada 180° con la CW del oscilador.*

ladores del receptor trabajen con los mismos ejes de fase utilizados para las señales *I* y *Q* en la codificación de la cámara. Este sistema proporciona el grado más alto de resolución de color. La razón es que la señal *I* ciano-naranja tiene el máximo ancho de banda de 1,3 MHz, en comparación con 0,5 MHz de todas las demás señales vídeo de color. Sin embargo, en los receptores se utilizan pocas veces los demoduladores *I* y *Q* a causa de las mayores complicaciones de los circuitos de la señal *I*. La mayor resolución de color de la señal *I* se aprecia difícilmente en las imágenes normales,

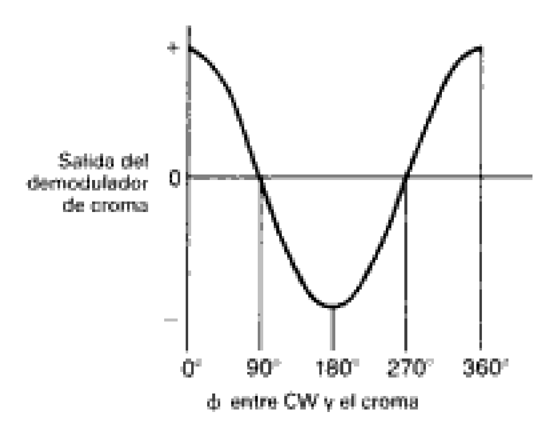


Fig. 14 - 16. Cómo varía la tensión de salida del demodulador cuando la fase de la señal de croma del amplificador de paso de banda (ϕ) varía con respecto a la fase fija de la señal de CW del oscilador.

con la posible excepción de los receptores de modelos de gran pantalla y de proyección.

Los problemas que se presentan en los sistemas de demodulación $I - Q$ se pueden ver en el diagrama de bloques de la figura 14-17. Obsérvese la diferencia de anchos de banda. La señal Q tiene dobles bandas laterales ± 600 kHz de 3,58 MHz. La señal I tiene también dobles bandas laterales en este margen, pero en las frecuencias comprendidas entre 600 kHz y 1,3 MHz sólo tiene la banda lateral inferior. Por tanto, son necesarios dos BPA separados. Uno alimenta la señal al demodulador Q. El otro está en la línea de alimentación del demodulador de I. Su respuesta no es plana pero refuerza las frecuencias allí donde solamente existe la banda lateral inferior. Es necesario este efecto para compensar la parte suprimida de la banda lateral superior.

Los demoduladores I y Q son alimentados por las señales de CW del oscilador desfasadas 90°. La etapa del inversor pone la fase del oscilador en 270° con respecto a Q, por lo que la demodulación está en el eje $+I$.

Un filtro de paso bajo que sigue al demodulador I restringe el ancho de banda de la señal vídeo de color en este canal a 1,3 MHz. En la salida del demodulador Q otro filtro limita el ancho de banda a 600 kHz.

Es necesaria una línea de retardo para la señal I. La razón es la diferencia de anchuras de banda de los canales I y Q. En consecuencia, este tipo de receptor tiene dos líneas de retardo: una para retardar la señal I de modo que se adapte a la señal Q y la otra para retardar la señal Y con el fin de adaptar ambas señales de color.

Los divisores de fase en el circuito de salida vídeo de color producen las polaridades de señal $\pm I$ y $\pm Q$. La matriz resistiva selecciona entonces las proporciones necesarias para generar las señales diferencia de color. Finalmente, las señales vídeo $R - Y$, $G - Y$ y $B - Y$ son alimentadas al tubo de imagen con la señal Y para reproducir la imagen en luminancia, rojo, verde y azul.

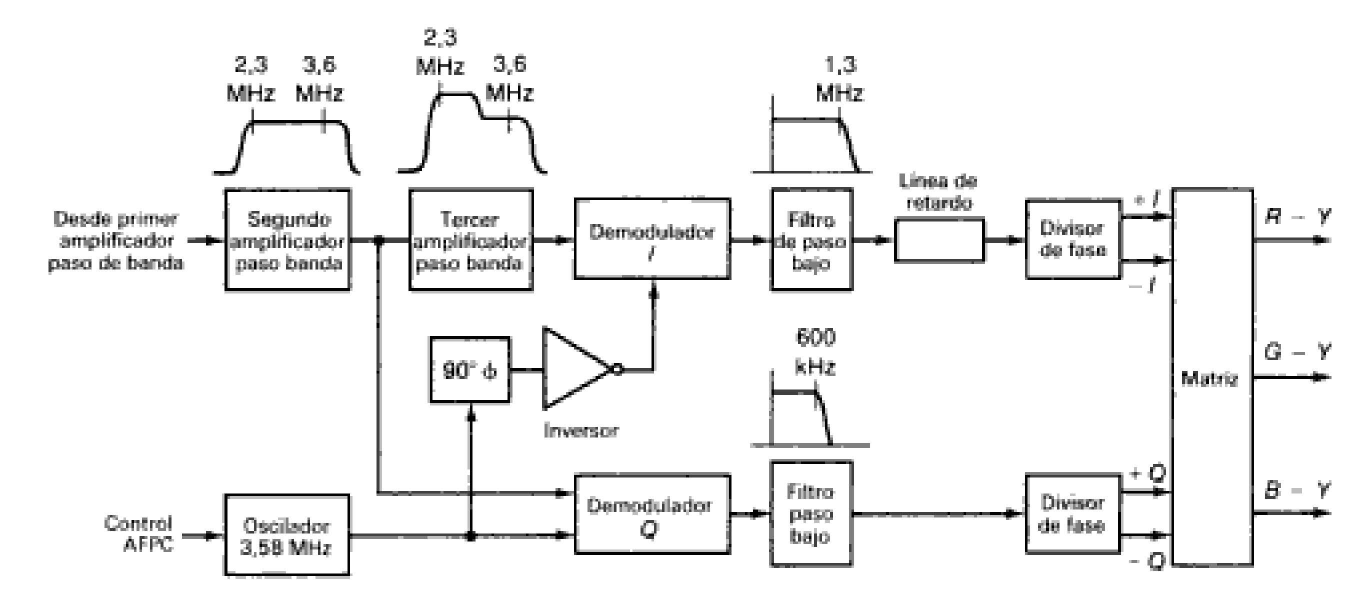


Fig. 14 - 17. Requisitos básicos del sistema demodulador de I — Q.

Criterio para juzgar la resolución de color. Lo que hay que tener en cuenta para juzgar la resolución de color son las letras de color saturadas de los títulos de programa, especialmente cuando las letras son pequeñas. En la figura 14-18 está representado un ejemplo para la letra E. Tendrá color en las barras horizontales largas arriba y abajo, pero podrá tener poco color en la rama vertical. Se puede juzgar la resolución de color comparando varios receptores de pruebas, colocándolos unos al lado de otros y comparando los títulos de color de este tipo. No obstante, hay que tener en cuenta que la máxima anchura de banda de la señal vídeo de color de 0,5 MHz corresponde en la mayoría de receptores a una distancia horizontal menor que una quincuagésima parte (1/50) de la anchura de la imagen.

Demoduladores $R - Y$ y $B - Y$. Una variación de 33° en los ejes de demodulación permite decodificar directamente las señales vídeo de color $R - Y$ y $B - Y$. Para ver cómo se hace esto, consideremos los diagramas de ángulos de fase de la figura 14-19. En la 14-19*a* está representado un vector magenta completamente saturado. Sus componentes en función de las señales I y Q están indicadas por la longitud de los vectores respectivos. Estos valores son producidos por los demoduladores I y Q. Obsérvese que el vector magenta está resuelto en función de las componentes en cuadratura.

En la figura 14-19*b* está representado el mismo vector magenta, pero ahora está resuelto en las componentes $R - Y$ y $B - Y$. Las longitudes de estos dos vectores indican los valores de la señal vídeo producida por los demoduladores $R - Y$ y $B - Y$. La diferencia entre los vectores de las figuras 14-19*a* y *b* es que la fase de la señal CW del oscilador está desplazada 33° de $+Q$ para

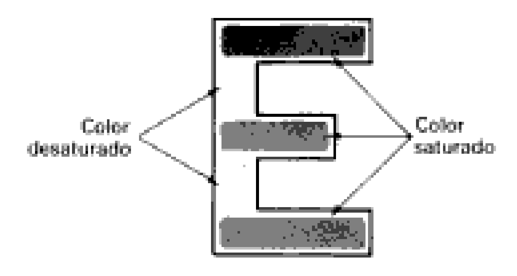


Fig. 14 - 18. Se pueden utilizar las letras de color de los títulos como figura de prueba para juzgar la resolución de color.

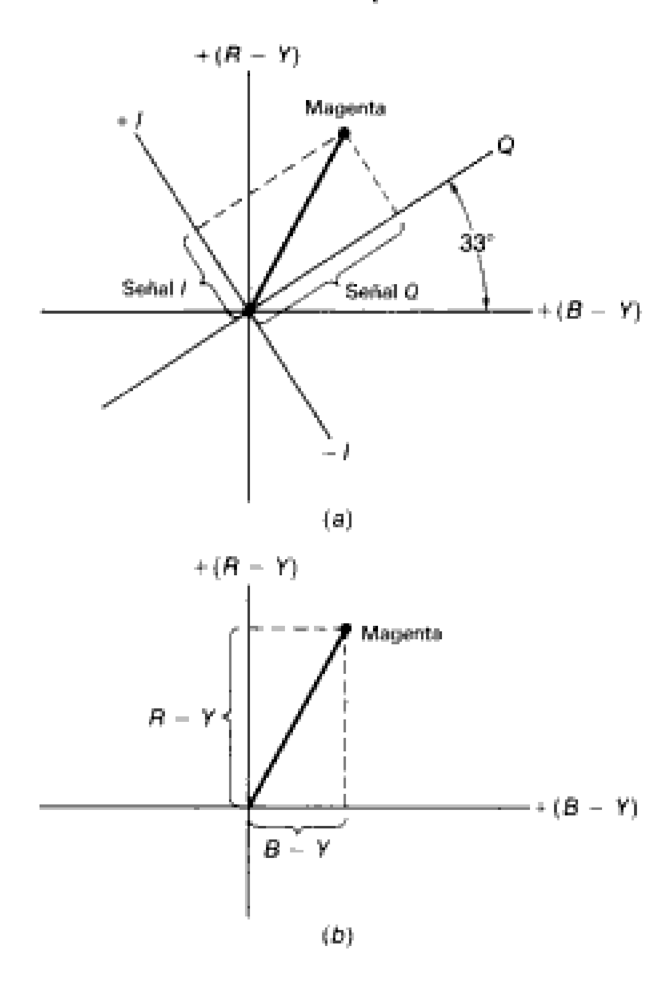


Fig. 14 - 19. El matiz de magenta en señal de croma decodificada por dos diferentes sistemas de demodulación. (a) Magenta resuelto en las componentes I *y* Q *(b) Magenta resuelto en las componentes* R − Y *y* B − Y.

adaptar o igualar la fase de $B - Y$. Además, 90° de $B - Y$ es la fase de $R - Y$. Por la selección de los ejes del demodulador es posible decodificar cualquier conjunto deseado de los valores de color.

La figura 14-20 es un diagrama de bloques de este sistema que demodula directamente las señales vídeo $B - Y$ y $R - Y$. La fase de la CW del oscilador está desplazada 90° en el demodulador $R - Y$. Este método es mucho más sencillo que el de demodulación de $I - Q$. El ancho de banda del amplificador de color es 0,5 o 0,6 MHz en ambos canales de color y no es necesario el retardo de color. Obsérvese que $G - Y$ se genera por medio del divisor con R_1 y R_2. El circuito resuelve la ecuación indicada para $-(G - Y)$, y luego cambia la fase del inversor a $G - Y$.

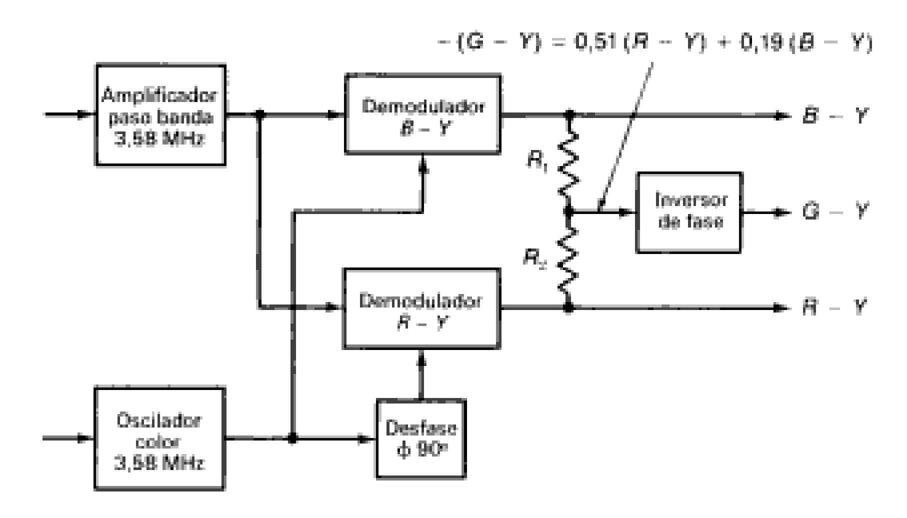


Fig. 14 - 20. Diagrama de bloques del sistema demodulador de R — Y y B — Y.

Sistema de tres demoduladores. En la figura 14-21, las señales vídeo $B - Y$, $R - Y$ y $G - Y$ son demoduladas directamente. Son necesarios dos variadores de fase para la excitación del oscilador de CW. La fase de 90° es para el demodulador $R - Y$. Para el demodulador $G - Y$ se utiliza un inversor para 180° y uno adicional de 56,6° + +180 = 236,6° para el eje $G - Y$.

Una ventaja de usar tres demoduladores es que se puede añadir la señal Y directamente a la salida del demodulador. Entonces la salida de la señal incluye las video R, G y B, que se pueden utilizar para el tubo de imagen.

Demoduladores X **y** Z. El nombre de demodulador X se atribuye al eje de color separado 12° de

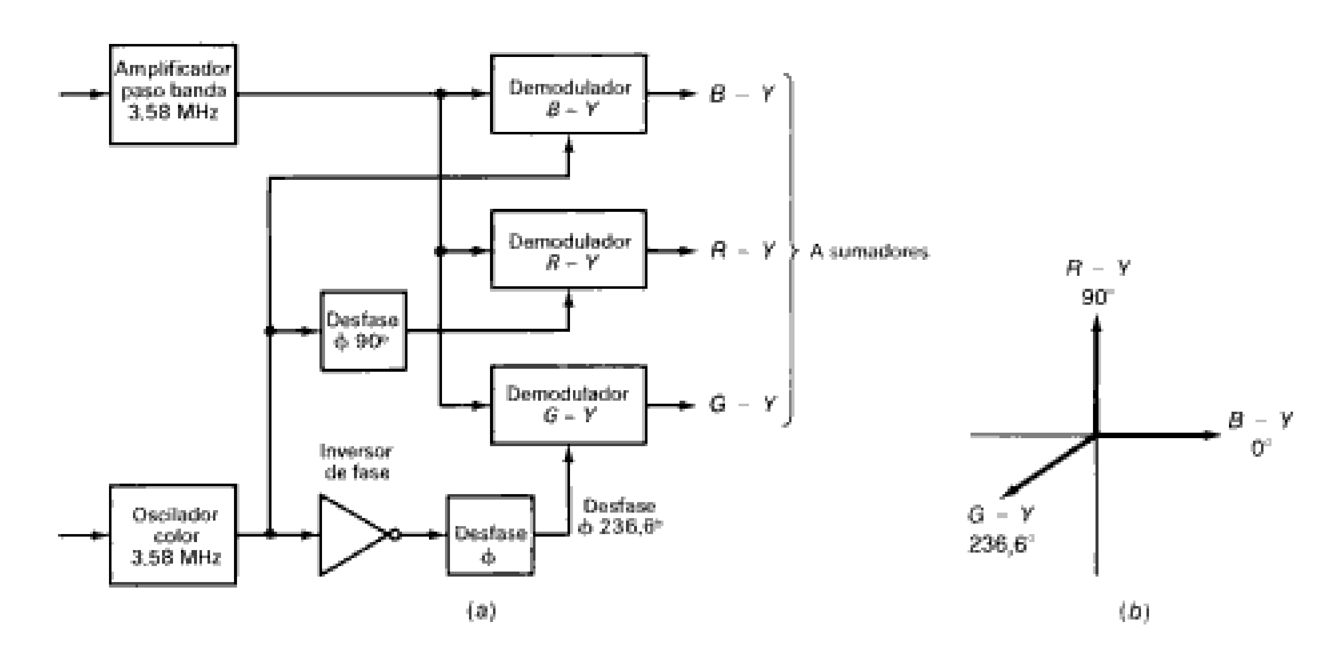


Fig. 14 - 21. Diagrama de bloques de sistema con tres demoduladores. Las señales vídeo de color B — Y, R — Y *y* G — Y *son decodificadas directamente. (*a*) Circuito. (*b*) Ejes de ángulos de fase.*

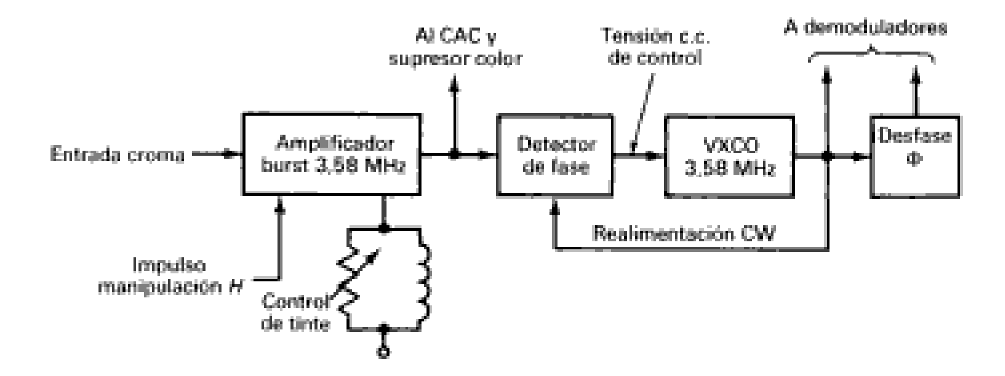


Fig. 14 - 22. Tipo PLL de sistema AFPC para el sincronismo de color. VXCO es un oscilador a cristal controlado por tensión.

trol por tensión. Aunque se utiliza un cristal para mantener la estabilidad, la frecuencia y la fase del oscilador se pueden variar por la capacidad en paralelo.

Generalmente la tensión c.c. de control es producida por un comparador o detector de fase con dos diodos. El circuito compara la salida de CW de 3,58 MHz producida por el oscilador con el burst de sincronismo de color de 3,58 MHz. Entonces la tensión c.c. de control producida por el comparador puede enganchar al oscilador de color en la frecuencia y la fase correctas. La figura 14-22 muestra un circuito típico de AFPC.

Detector de fase. Los detalles del detector de fase de la figura 14-22 están indicados en el circuito de la figura 14-23. Los diodos *D1* y *D2* comparan la fase de una muestra de la salida de CW producida por el VXCO con el burst de color separado del amplificador de burst. El equilibrio en este circuito es similar al principio de los demoduladores diodo equilibrados representados en la figura 14-15. Los dos diodos están equilibrados para producir salida nula en la unión de R_1 y R_2 cuando las dos señales de entrada están desfasadas 90°. Entonces se combinan de modo que ambos diodos tienen iguales amplitudes de la señal de entrada. Cualquier relación de fase entre las dos señales de entrada que se desvíe de 90° da por resultado una salida de c.c. positiva o negativa. La polaridad de esta tensión de c.c. de corrección depende del sentido del cambio de fase. La cantidad de corrección necesaria depende de la magnitud del cambio de fase. La polaridad del circuito está destinada a hacer que la tensión de corrección obligue al VXCO a volver a la condición de cuadratura de fase comparado con el burst.

Obsérvese que el comparador de fase inserta un desfase de 90° en la señal de CW del oscilador para los demoduladores de color. Este ángulo de fase se tiene en cuenta para el resto de los circuitos de color. Por ejemplo, cuando está sintonizado el amplificador de burst de 3,58 MHz, está

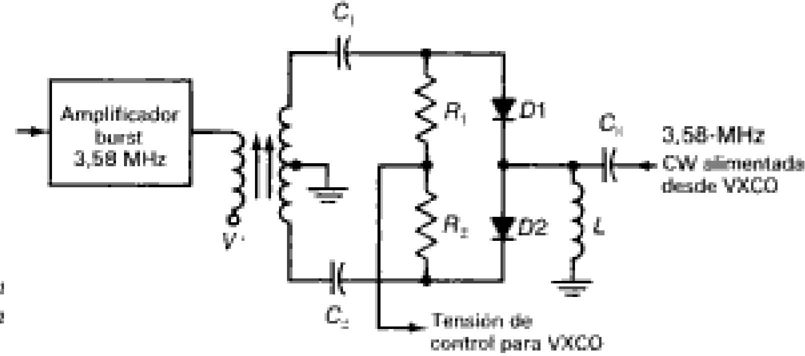


Fig. 14 - 23. Detector de fase equilibrado con D1 y D2 para comparar el burst de color con muestra del oscilador.

justamente ajustado para la condición en que los demoduladores producen las señales vídeo de color correctas.

Separación del burst de sincronismo de color. El amplificador del burst de la figura 14-22 es realmente un separador de burst. Su entrada es, o bien la señal de vídeo compuesta, o bien una muestra de la señal de croma de 3,58 MHz, que también contiene al burst de sincronismo. En muchos casos, la alimentación para el amplificador de burst se toma en la salida del primer BPA, como muestra la figura 14-14.

Normalmente el amplificador de burst se mantiene en corte, pero se hace que conduzca sólo durante el corto tiempo en que el burst está presente. Un impulso activa al separador durante el tiempo de retorno *H*. En un método de manipulación se utiliza una muestra del impulso de retorno *H*, tomado de un arrollamiento del transformador de salida horizontal. El impulso cubre el intervalo de tiempo del burst de sincronismo de color. Sin embargo, este método da lugar a algunos errores de manipulación. El impulso de retraza *H* puede ser demasiado largo en comparación con el burst. Además, puede haber un error de fase en el sistema de CAF horizontal de la deflexión *H*. El resultado de una manipulación incorrecta del burst es que al principio de la traza *H* se mezcla alguna señal de croma con la señal de burst acoplada al detector de fase en el circuito AFPC. Se puede ver el efecto en la imagen como una ligera



Fig. 14 - 24. Formas de onda para separador de burst o amplificador de osciloscopio de doble traza. Arriba, la entrada de señal; abajo, salida de burst.

variación del matiz cuando se gira el control de sincronismo horizontal.

En un método perfeccionado, los impulsos de manipulación del burst se derivan de los impulsos de sincronismo horizontal retardados. En este sistema, la separación del burst no es afectada por los diferentes ajustes del control de sincronismo horizontal.

En la figura 14-24 se muestran dos oscilogramas del separador de burst. La entrada está representada en la parte superior de la figura. Contiene una muestra de la señal de croma del BPA y el impulso de sincronismo *H* retardado para la manipulación. El impulso de manipulación es una onda senoidal a causa de que la red de retardo utiliza un circuito *LC*. En la parte inferior de la figura 14-24, la salida es la señal de burst separada sola, sin la señal de croma. El burst separado va al circuito AFPC, que sincroniza al oscilador de color para mantener constantes los matices correctos en la imagen.

Circuito oscilador a cristal. La figura 14-25 muestra un diagrama de bloques de este tipo de AFPC. El cristal no está en el oscilador de color, sino que es aplicado directamente un burst separado a través del cristal de 3,58 MHz. Durante los 8 a 11 ciclos de burst, el cristal está excitado para que oscile en la misma fase que el burst. Al final del burst el cristal continúa oscilando. Las oscilaciones autoexcitadas (*ringing*) continúan con una amplitud ligeramente reducida hasta el burst siguiente. El cristal puede producir esta acción a causa de que equivale a un circuito *LC* resonante con un *Q* muy alto, lo que significa pocas pérdidas.

La forma de onda de un oscilador a cristal típico está representada en la figura 14-26. Se puede observar la ligera caída de amplitud en el intervalo entre bursts.

Después del oscilador a cristal, en la figura 14-25 hay un amplificador separador, o *buffer*, que tiene alta impedancia de entrada. Su función es impedir que se cargue el cristal, porque esto disminuiría el valor de *Q*. La mayor parte de la salida de la etapa separadora se aplica al oscilador de color, a la derecha en el diagrama. Este circuito es generalmente un oscilador *LC*, aunque también se puede utilizar un segundo cristal. El oscilador es enganchado por la CW del amplificador buffer derivada del cristal.

Después del oscilador de la figura 14-25 hay una etapa que excita a los demoduladores con la señal de CW de 3,58 MHz. El control de matiz, o tinte, está en este circuito. El control varía el

se varía el ajuste de frecuencia para producir la condición de *batido cero*. Ocurre este efecto cuando el oscilador de color funciona en una frecuencia que se diferencia algunos ciclos de la frecuencia correcta. Parece que los colores flotan verticalmente a través de la imagen. En otras partes de la imagen los colores son sólidos, tales como en el fondo, y se mantienen estacionarios, pero el matiz cambia. Se produce un espectro completo de arco iris en cada ciclo de error de frecuencia. Cuando se utiliza la señal de barras de color, los matices de las barras cambian lentamente, pero las barras se mantienen sin fragmentarse desde arriba hasta abajo. Estos efectos en la imagen indican que el oscilador es capaz de funcionar en la frecuencia correcta. Si el oscilador de color puede producir efectos de batido cero, pero no puede estar enganchado en el sincronismo de color, la avería radica en el amplificador de burst o en el detector de fase.

En los circuitos con oscilador a cristal es más fácil la localización de averías. Es cuestión de verificar las formas de onda con un osciloscopio para cercionarse de que el cristal está oscilando.

En los receptores modernos se utilizan circuitos integrados para el procesado de color. Un solo circuito integrado puede reemplazar a muchos transistores. Entonces para reparar las averías del sincronismo de color lo que se hace es reemplazar el CI.

El oscilador de color como fuente de calibración de frecuencia. Un receptor de televisión con oscilador de subportadora sincronizado con la señal de burst de color transmitida es una excelente fuente de señal, de frecuencia muy exacta. Puede ser utilizado para calibrar los contadores de frecuencia. Se utiliza la sonda de baja capacidad del osciloscopio para evitar que se cargue y se desintonice el circuito oscilador. Después de conectar el osciloscopio se comprueba si la imagen sigue sincronizada en lo concerniente al color. La frecuencia del oscilador enganchada en sincronismo es igual a 3,579545 MHz exactamente. Las redes de televisión utilizan estándares atómicos para establecer la frecuencia de la subportadora y la tolerancia es mucho mejor que la que se necesita en la práctica.

Preguntas de prueba 14-10
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. El oscilador a cristal es autoexcitado por el burst de color.
b. En un detector de fase AFPC, las señales CW de burst y de oscilador están desfasadas 180°.
c. El separador de burst está inhibido durante el tiempo de traza horizontal.
d. La ausencia de sincronismo de color significa que los colores se deslizan a través de la imagen.

RESUMEN

1. Una imagen de televisión en color se compone de una imagen en blanco y negro con la información de rojo, verde y azul añadida en las áreas más grandes que corresponden a las frecuencias de vídeo de hasta 0,5 MHz.
2. La señal vídeo de luminancia (*Y*) con información monocromática para la imagen en blanco y negro es aplicada a los tres cátodos del tubo de imagen tricolor.
3. Las proporciones de la señal vídeo *Y* están determinadas por los controles de excitación de *R*, *G* y *B*. En una imagen monocromática el ajuste se efectúa para blanco neutro.
4. El control de contraste está en el amplificador vídeo *Y* con el fin de variar la ganancia de la señal de luminancia.
5. En el amplificador vídeo *Y* es necesaria una línea de retardo para proveer el tiempo de retardo de 0,8 μs. Entonces las informaciones de luminancia y de color llegan al mismo tiempo al tubo de imagen.

6. La información de color es producida por la sección de croma, de 3,58 MHz. Estos circuitos procesan la señal de croma de 3,58 MHz modulada para recuperar la información de rojo, verde y azul que alimenta los tres cañones del tubo de imagen.
7. El amplificador de paso de banda (BPA) de croma amplifica la señal de croma de 3,58 MHz modulada.
8. El control de color varía la ganancia del BPA de croma, de 3,58 MHz. Se ajusta para que haya suficiente color en la imagen sin demasiada saturación.
9. El oscilador de color de 3,58 MHz regenera la subportadora necesaria para la demodulación de la señal de croma.
10. Los demoduladores síncronos detectan la señal de croma de 3,58 MHz para proveer la información de rojo, verde y azul, como señales vídeo $R - Y$, $G - Y$ y $B - Y$.
11. La fase de la señal de onda continua (CW) del oscilador para los demoduladores es sincronizada por el burst de color en 3,58 MHz.
12. El amplificador de burst separa el burst de sincronismo de la señal vídeo compuesta colorplexada.
13. El AFPC del oscilador de color le mantiene sincronizado con la fase del burst de color. Un circuito de oscilador a cristal tiene la misma función. Sin sincronismo de color, la imagen presenta deslizamientos de las barras de color.
14. El control de tinte o matiz ajusta el ángulo de fase de las señales vídeo de color demoduladas. Ajustar para los colores correctos tales como los del verde de la hierba, el azul del cielo y tonos naturales de la piel.
15. En los amplificadores vídeo Y y vídeo de color se emplea generalmente el acoplamiento de c.c. desde el punto de detección hasta el tubo de imagen. Es necesaria la componente de c.c. para obtener los valores correctos de color.
16. El circuito supresor de color desactiva al BPA de croma cuando no hay señal de croma, lo que está indicado por ausencia del burst de color. La finalidad es eliminar la nieve, en el color, o confetti, en una imagen monocromática.
17. El circuito CAC varía la ganancia del amplificador de croma para obtener un nivel constante de color en la imagen.
18. Cuando se localizan las averías en los receptores de color, primero se comprueba si se puede producir una imagen monocromática normal en una trama blanca neutra.
19. Recuérdese que una anomalía del acoplamiento en c.c. puede alterar las tensiones c.c. electródicas del tubo de imagen.
20. Uno de los problemas de la señal de croma de 3,58 MHz es la ausencia total de color o color débil, ya que en la señal están incluidas las de los colores rojo, verde y azul.
21. Recuérdese que es necesario el oscilador de color de 3,58 MHz para todos los demoduladores de color.
22. Con colores incorrectos, el oscilador puede estar funcionando en una fase errónea. Este problema afecta a todos los colores.
23. Cuando faltan determinados colores, pueden estar defectuosos un demodulador o un amplificador de diferencia de color.
24. El problema de cambio de los colores indica un defecto en el sistema AFPC para la sincronización de color.
25. Las funciones de todas las etapas en la sección de croma de la figura 14-12 están resumidas en la tabla 14-1.

3. El control de contraste está en (a) el amplificador de croma, (b) el supresor de color, (c) el amplificador vídeo Y, (d) la línea de retardo.
4. El control de nivel de color está en (a) el demodulador, (b) el BPA, (c) el AFPC, (d) el amplificador $G - Y$.
5. El oscilador de color no funciona. La avería consiste en (a) matices incorrectos, (b) confetti excesivo, (c) ausencia de color, (d) ausencia imagen.
6. El equilibrio de las señales vídeo Y de los tres cañones en el tubo de imagen se ajusta por (a) los controles de pantalla, (b) el control de tinte, (c) el control de contraste, (d) los controles de excitación.
7. ¿Qué señal necesita un retardo de tiempo de 0,8 μs? (a) Croma de 3,58 MHz, (b) vídeo $B - Y$, (c) vídeo Y, (d) burst de color.
8. La salida del separador de burst alimenta (a) a los demoduladores de color, (b) al sumador $G - Y$, (c) al AFPC del oscilador de color, (d) al amplificador vídeo Y.
9. La salida del oscilador de color alimenta (a) al BPA de croma, (b) a los demoduladores de color, (c) al tubo de imagen, (d) al separador de burst.
10. Barras de color deslizantes en la imagen indican avería en (a) el amplificador vídeo Y, (b) el BPA de croma, (c) el supresor de color, (d) el AFPC del oscilador de color.
11. La frecuencia de batido entre la subportadora de color de 3,58 MHz y la señal de sonido de 4,5 MHz es (a) 0,92 MHz, (b) 3,58 MHz, (c) 4,8 MHz, (d) 4,5 MHz.
12. ¿Cuál es el control que varía el ángulo de fase de la señal vídeo de color demodulada? (a) El de nivel de color, (b) el de tinte, (c) el de excitación, (d) el de imagen.
13. ¿Cuál de las siguientes etapas debe estar activada durante el tiempo de retorno horizontal? (a) El amplificador vídeo Y, (b) el BPA de croma, (c) el separador de burst, (d) el amplificador vídeo $R - Y$.
14. ¿Cuáles de las siguientes etapas tiene polarización desde los circuitos CAC y supresor de color? (a) El demodulador $R - Y$, (b) el amplificador vídeo $R - Y$, (c) el BPA de croma, (d) el oscilador de color.
15. Se utiliza un circuito oscilador a cristal para (a) el amplificador vídeo Y, (b) el AFPC del oscilador de color, (c) los demoduladores de color, (d) el BPA de croma.

PREGUNTAS DE ENSAYO

1. Enumerar tres requisitos de un tubo de imagen en color en la reproducción de imagen monocromática.
2. Describir brevemente la función de la sección de croma de 3,58 MHz de la figura 14-1.
3. Nombrar las funciones de los siguientes controles: contraste, brillo, color, tinte, excitación RGB y pantalla RGB.
4. ¿Cuál es la función de la línea de retardo de Y? ¿Por qué está en el circuito de luminancia y no en la sección vídeo de color?

PROBLEMAS

Soluciones de los problemas de número impar al final del libro

1. ¿Cuántos elementos de imagen corresponden a un tiempo de retardo de 0,8 μs?
2. ¿Cuántas barras se pueden producir por una señal vídeo de 920 kHz?
3. Hallar la frecuencia de batido de los siguientes pares de valores de FI: *(a)* P en 45,75 y S en 41,25 MHz, *(b)* P en 45,75 y C en 42,17 MHz, *(c)* S en 41,25 y C en 42,17 MHz.
4. En un cristal de 3,58 MHz, $Q = 5.000$. La C en paralelo es 2 pF. Calcular la inductancia equivalente L del cristal actuando como circuito resonante paralelo.
5. ¿Cuáles son las frecuencias laterales superior e inferior para la modulación vídeo de color de 200 kHz en el amplificador de paso de banda de 3,58 MHz?

PREGUNTAS ESPECIALES

1. ¿Por qué es el blanco el color más difícil de reproducir en un receptor de color?
2. Nombre un defecto que se haya apreciado en una imagen en color y explicar cuál puede ser la causa.
3. Comparar las ventajas y desventajas de un receptor de $I - Q$ con las de un receptor de $B - Y$ y $R - Y$.
4. Exponer un ejemplo de circuito integrado que se utilice para el procesado de color y enumerar los circuitos incorporados en una unidad de circuito integrado.

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE PRUEBA

14-1 **a.** Monocromática **b.** Blanco **c.** Rojo

14-2 **a.** V (verdadero) **b.** F (falso) **c.** V

14-3 **a.** V **b.** F **c.** V **d.** V

14-4 **a.** 920 kHz **b.** 4,5 MHz **c.** 4,1 MHz **d.** 50%

14-5 **a.** V **b.** V **c.** F **d.** V **e.** V **f.** F

14-6 **a.** Amplificador de paso de banda, oscilador de color y supresor de color **b.** Matices erróneos **c.** Rojo y ciano

14-7 **a.** Primero **b.** Amplitud **c.** Demoduladores **d.** Polarización CAC

14-8 **a.** V **b.** V **c.** V

14-9 **a.** 90° **b.** 1,3 MHz **c.** T_1 **d.** Señal I **e.** Salida demodulador

14-10 **a.** V **b.** F **c.** V **d.** V

15

Televisión por cable

La televisión por cable (CATV) comenzó siendo un medio de proveer de señales a una comunidad que no podía recibir las estaciones de teledifusión, ya sea a causa de la distancia o bien de área de sombra en que la señal era demasiado débil. Después se utilizó una antena colectiva en un emplazamiento remoto para alimentar las señales de TV a los receptores del área. Hoy día, la TV por cable se ha perfeccionado tanto que ha sido adoptada por los grandes sistemas para cubrir grandes áreas, incluso para lugares en que hay buena recepción. La razón es que la TV por cable no está sometida a la restricción de las asignaciones del canal de la teledifusión. Los sistemas por cable ofrecen hasta 36 canales. Una caja de convertidor de cable permite la selección del canal deseado. Los servicios de pago tales como Home Box Office, Spotlight, Prism, Cinemax, y otros, ofrecen en Estados Unidos las películas de actualidad y los acontecimientos deportivos que no difunden las estaciones de teledifusión. Estos programas llegan al operador de cable a través de satélites. En las secciones siguientes se describen más detalles de los canales de cable, sistemas de distribución y equipo de CATV:

15-1 Frecuencias de cable
15-2 Cable coaxial para CATV
15-3 Impedancia característica
15-4 Pérdidas de cable
15-5 Sistema de distribución por cable
15-6 La unidad dBmV para pérdidas y ganancias
15-7 Distorsiones en la señal de cable
15-8 Sistemas de cable bidireccionales
15-9 Convertidores de TV por cable
15-10 Trampas de onda y métodos de codificación
15-11 Enlaces de larga distancia
15-12 Fibra óptica

15-1 Frecuencias de cable

Algunos sistemas antiguos de cable distribuyen las señales de TV en las mismas frecuencias de canal de VHF que se utilizan para la teledifusión. Los canales de UHF son convertidos a canales de VHF para la distribución a causa de que las pérdidas de cable (o en él) son demasiado elevadas en la banda UHF. Este método tiene un sistema de 12 canales, incluyendo los de banda baja y banda alta de VHF 2 a 13. Los abonados al sistema no necesitan convertidor. Se establecen conexiones directas por cable hasta el receptor de TV, donde el sintonizador RF se puede utilizar para seleccionar el canal deseado.

Canales adyacentes de cable. Con un sistema de 12 canales, algunos receptores pueden tener interferencia de canal adyacente ya que se utilizan todos los canales VHF. La aptitud para rechazar las frecuencias de canal adyacente depende de la selectividad de FI del receptor. La interferencia produce un efecto de limpiaparabrisas o de persiana veneciana en la imagen. Véanse las figuras 11-7 y 11-8.

En el sistema de cable, la interferencia se minimiza equilibrando las señales de todos los canales en un nivel común. Además, comparado con el de las señales de teledifusión, el nivel de la portadora de sonido suele ser mucho menor que el de la señal portadora de imagen.

Canales de banda media y superbanda de cable. Como la señal de cable no es radiada, por lo menos intencionadamente, el sistema de cable puede utilizar las frecuencias que están asignadas a otros servicios de radio sin interferencia. Por tanto, los canales de banda media de cable son utilizados en el espacio no ocupado entre los canales 6 y 7 de VHF. Estas frecuencias de 88 a 174 MHz incluyen 88 a 108 MHz para la banda de radiodifusión FM más varios servicios de comunicaciones marítimos y aéreos. Sin embargo, generalmente la banda de radio FM no se utiliza para los canales de cable de TV.

Tal como se indica en la tabla 15-1, la designación de los canales de televisión por cable de banda media comienza en el número 14 o en la letra A para 120 a 126 MHz, con la frecuencia portadora de video o de imagen de 121,25 MHz. Aunque no está así indicado, la frecuencia portadora de sonido es automáticamente 4,5 MHz más alta, o sea, 125,75 MHz. Están incluidos los números de canal 14 a 22 o las letras de A a I.

Los canales adicionales de banda media tienen los números 00, 01 y 54 a 59. Los canales 00 y 01 están por encima de la banda FM de radio. Se emplean dos dígitos para todos los números de canales de cable con el fin de utilizar un panel de control digital para la sintonía. Los canales 54 a 59 ocupan frecuencias que corresponden a intervalos vacíos de las asignaciones regulares de los canales de banda media.

Superbanda significa canales de TV por encima del canal 13 de teledifusión de VHF. Las designaciones de esta banda comienzan con la letra del canal de cable J o el número 23. Las letras continúan hasta Z y los números hasta 53.

El uso de los canales de VHF de teledifusión 2 a 13 y de los canales de cable 14 a 37 proporciona 12 + 24 = 36 canales en un sistema de TV por cable extenso. Estas frecuencias son de hasta aproximadamente 300 MHz. Los sistemas que utilizan los canales más altos de cable hasta de 400 MHz son más elaborados. Requieren un cable especial y amplificadores mejores para superar las mayores pérdidas en frecuencias más altas.

Sintonía de los canales de cable. En los receptores de TV convencionales, el sintonizador de RF no está diseñado usualmente para seleccionar los canales de banda media y superbanda del cable. Por tanto, el operador del cable provee una unidad separada de convertidor, que convierte todas las frecuencias del cable a un canal VHF dado, tal como los 2, 3 o 4. El abonado mantiene al receptor sintonizado en ese canal dado, y toda la selección de canales se hace en el convertidor.

Televisores equipados para recepción por cable. Algunos receptores de último modelo ofrecen un sintonizador que puede seleccionar los canales de banda media o superbanda de cable directamente sin necesidad de convertidor. No obstante, hay otro problema en la práctica. Los servicios de pago tienen una señal que es codificada electrónicamente. Los circuitos necesarios para decodificar están incorporados en el convertidor o unidos a él.

En consecuencia, el convertidor del sistema deberá indicar de alguna manera la señal correspondiente a los canales de pago.

Radiación del cable. El operador de cable debe tener un cuidado especial para que el sistema no radie señales de TV. Puede ocurrir la radiación si

TABLA 15-1
CANALES DE TV POR CABLE

DESIGNACIÓN LITERAL	NÚMERO	PORTADORA VÍDEO, MHz
Canales de banda media		
A	14	121,25
B	15	127,25
C	16	133,25
D	17	139,25
E	18	145,25
F	19	151,25
G	20	157,25
H	21	163,25
I	22	169,25
Canales de superbanda		
J	23	217,25
K	24	223,25
L	25	229,25
M	26	235,25
N	27	241,25
O	28	247,25
P	29	253,25
Q	30	259,25
R	31	265,25
S	32	271,25
T	33	277,25
U	34	283,25
V	35	289,25
W	36	295,25
X	37	301,25
Y	38	307,25
Z	39	313,25
Canales de superbanda sin letras		
	40	319,25
	41	325,25
	42	331,25
	43	337,25
	44	343,25
	45	349,25
	46	355,25
	47	361,25
	48	367,25
	49	373,25
	50	379,25
	51	385,25
	52	391,25
	53	397,25
Asignaciones adicionales de banda media		
	54	89,25
	55	95,25
	56	101,25
	57	107,25
	58	97,25
	59	103,25
Números de canal nominal para utilizarlos con convertidores de lectura digital		
	A-2 o 00	109,25
	A-1 o 01	115,25

los cables están abiertos, cortocircuitados o incluso parcialmente desadaptados en su terminación. Los cables se pueden deteriorar por vientos fuertes, por tormentas u otros accidentes.

Para detectar la radiación media se puede utilizar un canal de banda, seleccionado para una señal de indicador de FM de tono modulado. Entonces se puede usar un sencillo receptor de radio portátil de FM para localizar cualquier radiación, transportándolo a lo largo de la ruta del cable en el camión de servicio.

Algunos canales de banda media son particularmente sensibles al problema de la radiación. Por ejemplo, la banda correspondiente al canal A o 14 incluye las frecuencias de peligro aéreo de 121,5 MHz. Las operaciones de cable no deben utilizar este canal cuando exista posibilidad de interferencia.

Canales armónicamente relacionados. Los sistemas de cable tienen la opción de funcionar ligeramente fuera de las frecuencias asignadas a la difusión de TV, pero suficientemente próximos a ellos para permitir que los receptores y convertidores de TV sintonicen estas frecuencias. Una de tales elecciones es la de los canales armónicamente relacionados (HRC), en que todas las frecuencias portadoras de imagen son un múltiplo entero de 6 MHz. Estas frecuencias están indicadas en la tabla 15-2. Obsérvese que el canal 04 con la portadora armónica de imagen de 66 MHz está solamente separada 1,25 MHz de la frecuencia portadora de radiodifusión de 67,25 MHz. La ventaja de usar el sistema HRC en los sistemas de cable es la simplificación de los circuitos sintetizadores de frecuencia utilizados para la sintonía en el terminal de origen o de cabeza y en el convertidor.

Preguntas de prueba 15-1
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál es el número de canal de superbanda inmediatamente superior al canal 13 de radiodifusión en VHF?
b. ¿A qué canal de radiodifusión en VHF permanece sintonizado un receptor de TV con convertidor de cable?

15-2 Cable coaxial para CATV

El conducto utilizado para la distribución de las señales de CATV en las frecuencias del canal RF es un cable coaxial. Es una línea de transmisión de banda ancha eficiente y tiene la ventaja de su apantallamiento. Hay varios tipos de línea coaxial, pero todos están construidos como en la figura 15-1. Un hilo central está rodeado por un conductor cilíndrico o tubular y los dos conductores están separados por un aislador.

El tipo de cable utilizado generalmente en una ruta principal de señal, llamada *línea de enlace*, está ilustrado en la figura 15-2. Consiste en un conductor grueso central de aluminio que está recubierto de cobre. El conductor exterior o blindaje es también de aluminio en forma tubular. El espacio interior está relleno de espuma de polietileno y soporta al conductor interior situado exactamente en el centro. El diámetro del cable es aproximadamente de 3/4 de pulgada (19,1 mm). Algunos tipos de cable de enlace son huecos, con el conductor interior soportado por perlas de plástico regularmente espaciadas. Cuanto mayor es el diámetro del cable, menor es la atenuación; pero los cables de gran diámetro no son flexibles y son difíciles de instalar.

Con líneas aéreas de postes y vanos largos *el cable mensajero* está enfundado en una camisa o

TABLA 15-2
PORTADORAS ARMÓNICAMENTE RELACIONADAS PARA LOS CANALES DE TV POR CABLE

NÚMERO DEL CANAL	PORTADORA VÍDEO, MHz	NÚMERO DEL CANAL	PORTADORA VÍDEO, MHz
00	108,00	30	258,00
01	114,00	31	264,00
02	54,00	32	270,00
03	60,00	33	276,00
04	66,00	34	282,00
05	78,00	35	288,00
06	84,00	36	294,00
07	174,00	37	300,00
08	180,00	38	306,00
09	186,00	39	312,00
10	192,00	40	318,00
11	198,00	41	324,00
12	204,00	42	330,00
13	210,00	43	336,00
14	120,00	44	342,00
15	126,00	45	348,00
16	132,00	46	354,00
17	138,00	47	360,00
18	144,00	48	366,00
19	150,00	49	372,00
20	156,00	50	378,00
21	162,00	51	384,00
22	168,00	52	390,00
23	216,00	53	396,00
24	222,00	54	72
25	228,00	55	90
26	234,00	56	96
27	240,00	57	102
28	246,00	58	402
29	252,00	59	408

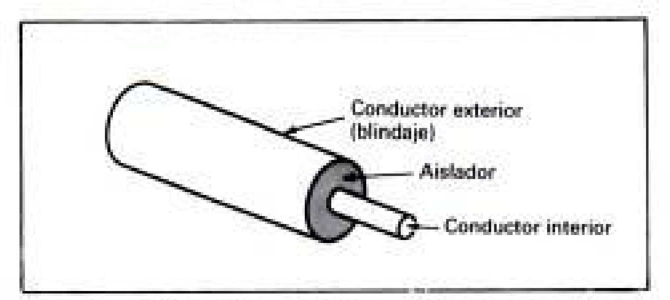


Fig. 15 - 1. El cable coaxial consiste en un conductor interior en el centro de un conductor tubular exterior.

cubierta exterior, y colgado de un hilo de suspensión de acero.

Las líneas de enlace subterráneas o subacuáticas son de cables con camisa impermeable de polietileno. Además, hay cables acorazados con una capa en espiral de alambre de acero.

En algunos sistemas, se combinan dos cables en una sola camisa exterior. Éstos se denominan *cables siameses*. Se pueden utilizar en sistemas de dos cables en que cada uno transporta diferentes programas en el margen de los canales 2 al 13. Entonces el sistema tiene una capacidad de 24 canales sin necesidad de convertidor de cable. El abonado puede emplear un conmutador simple A-B de dos posiciones para elegir uno u otro cable, de 12 canales cada uno.

El cable utilizado en las líneas derivadas de la de enlace principal es análogo al de la figura 15-2, pero de menor diámetro. Se pueden utilizar cables más delgados si el recorrido no es demasiado largo.

La línea desde una rama hasta el abonado se llama *acometida*. La acometida es generalmente

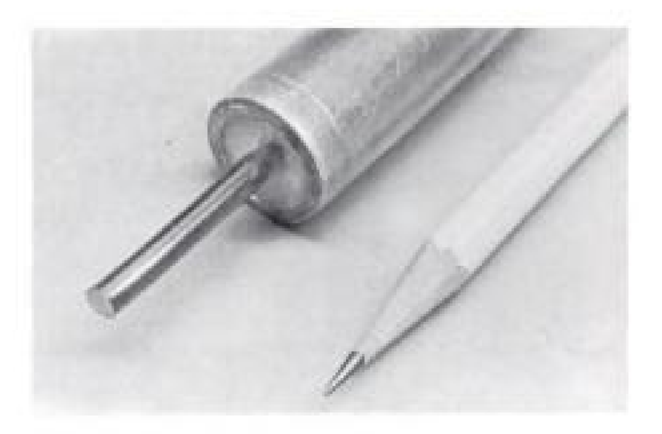


Fig. 15 - 2. Tipo de cable coaxial utilizado para líneas de enlace.

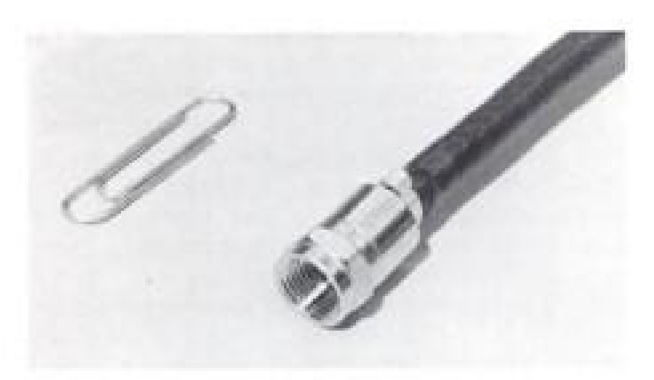


Fig. 15 - 3. Cable coaxial flexible RG-59U utilizado para líneas de acometida. El conector F en el extremo es el tipo estándar para su uso en CATV. El diámetro es 1/4 pulgada (6,35 mm).

de cable coaxial RG-59U, como muestra la figura 15-3. Este cable es flexible porque para el blindaje o apantallamiento exterior se utiliza una trencilla de cobre. Su diámetro es de 1/4 pulgada (6,35 mm), incluyendo la camisa exterior de polietileno que impermeabiliza al cable.

Preguntas de pruebas 15-2
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. El conductor interior de cable coaxial sirve como apantallamiento o blindaje.
b. Generalmente se utiliza cable RG-59U para las acometidas.
c. Los cables más delgados tienen mayores pérdidas.

15-3 Impedancia característica

El cable coaxial es un tipo de línea de transmisión, es decir, una línea con distancia uniforme entre dos conductores. Toda línea de transmisión tiene una *impedancia característica*, determinada por la separación constante entre los conductores. El símbolo de la impedancia característica es Z_0. Diferentes tipos de líneas tienen diferentes valores de Z_0, pero en cualquiera de los tipos, el valor de Z_0 es el mismo para una longitud dada de la línea.

El cable coaxial utilizado para CATV en general, y especialmente el RG-59U, tiene una impedancia característica de 72 a 75 Ω. Generalmente

se considera 75 Ω como valor nominal. Se emplea también comúnmente el cable coaxial de 50 Ω en las aplicaciones para equipos de comunicaciones tales como el servicio de radio CB (banda ciudadana). En el cable plano de conductores gemelos utilizado generalmente para la entrada de antena a los receptores de TV, Z_0 = 300 Ω. Aunque no es un cable coaxial, este cable de conductores gemelos es una línea de transmisión.

La Z_0 es resistiva, sin componente reactiva, pero su valor de c.a. no puede ser medido con el óhmetro. Sin embargo, para comprobar su continuidad, es decir, que la línea no está abierta, sí se puede verificar su baja resistencia en c.c.

Significado de Z_0. Z_0 es una característica de un tipo particular de línea. Su valor depende del diámetro de los conductores, de su separación y del tipo de aislador entre ellos. En general, mayor separación con los mismos conductores da una Z_0 más alta. Una definición de Z_0 es la impedancia que tendría la línea como carga conectada a una fuente de tensión de c.a. en un extremo e infinitamente larga en el otro extremo. La línea debe ser considerada infinitamente larga para que no pueda ser reflejada en el extremo ninguna energía que interfiera con la energía suministrada a la línea por la fuente. Aunque no es posible que exista una línea infinitamente larga, sí se puede producir su mismo efecto terminando una línea con una resistencia igual a Z_0.

Consideremos el circuito equivalente de la línea de transmisión representada en la figura 15-4. Este circuito es un modelo de *constante concentrada* en que L y C representan los valores concentrados de inductancia y capacidad de la longitud unidad de la línea, correspondientes a los valores L y C distribuidos a lo largo de esa longitud.

La batería de la figura 15-4 representa una fuente de c.c. suministradora de energía, y los instrumentos de medida dan lecturas de tensión y corriente. Cuando está cerrado el interruptor S, se carga cada una de las capacidades C por la fuente de tensión. Puesto que inicialmente C está descargado, la capacidad se comporta como un cortocircuito que absorbe una elevada corriente de carga. Sin embargo, la L en serie se opone al aumento de la corriente. Así, en el modelo, C_1 tarda un tiempo finito en cargarse. Cuando C_1 se carga hasta un valor dado de V, sirve como fuente para cargar la sección siguiente con L_2 y C_2. Como los valores de L y C son extremadamente pequeños, el proceso de carga se propaga muy rápidamente en la línea. La velocidad se aproxima a la velocidad de la luz en el espacio. La tensión a través de los dos conductores se desplaza como un frente de onda hasta el extremo de la línea.

Supongamos ahora que la línea de la figura 15-4 fuese infinitamente larga. Si se pudiese realizar esta línea, siempre se cargaría hacia el extremo abierto. En el extremo de entrada conectado a la fuente, las lecturas de tensión y corriente tendrían valores específicos de V e I. Esta relación de V/I es la impedancia característica Z_0 de la línea.

Fórmulas de Z_0. El valor de Z_0 está especificado por L y C, ya que estas características determinan el valor de la corriente de carga que se produce. Específicamente,

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \ \Omega \qquad (15\text{-}1)$$

Con L en henrios y C en faradios por longitud unidad, Z_0 está en ohmios. La L responde a ambos lados de la línea en serie. Por ejemplo, supongamos que para una longitud de 1 pie L = 0,12 μH y C = 21 pF. Entonces

$$Z_0 = \sqrt{\frac{0{,}12 \times 10^{-6}}{21 \times 10^{-12}}}$$
$$= \sqrt{0{,}0057 \times 10^{6}}$$
$$= 0{,}076 \times 10^{3}$$
$$= 76\ \Omega$$

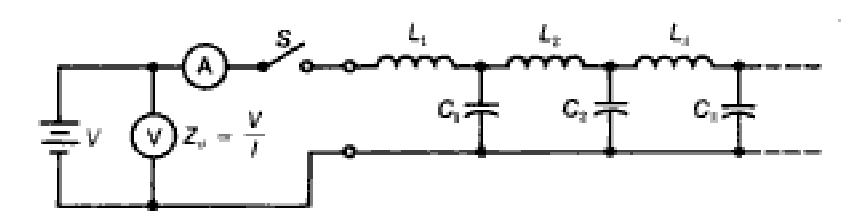


Fig. 15 - 4. Modelo de constantes concentradas de línea de transmisión con cable coaxial.

puesta resonante significa que los resultados de diferentes frecuencias son también diferentes. Por otra parte, toda energía suministrada a una línea sin pérdidas será reflejada a la fuente en la entrada. Cuando se emplea una línea larga, el retardo de tiempo resultante para las señales reflejadas puede producir fantasmas en la imagen de TV. Si la fuente de excitación no tiene una impedancia de 75 Ω, la señal reflejada desde el extremo abierto es reflejada nuevamente en la fuente y esto crea múltiples fantasmas.

El ejemplo de una línea cortocircuitada en el extremo está ilustrado en la figura 15-5*c*. La última componente de la línea es la inductancia L_3, ya que C_3 está desacoplado por el cortocircuito del extremo. Después de que se ha producido un pico de corriente por la fuente de excitación, la inductancia tiende a mantener la corriente. Por tanto, la energía es reflejada en el extremo de la línea. Pero esta vez la corriente reflejada tiene el mismo sentido que la corriente incidente. Además, la polaridad de la tensión autoinducida está invertida. Las ondas estacionarias resultantes de V e I están representadas en la figura 15-5*d* y corresponden a las ondas estacionarias de la figura 15-5*b* para la línea abierta, pero los picos o máximos (diente) y nulos o ceros (nodos) están invertidos.

En resumen, un extremo abierto siempre tiene una V alta y una I baja debido a la capacidad de un circuito abierto. A un cuarto de onda en sentido inverso desde el extremo abierto, las condiciones se invierten con un pico de I y un nulo de V. En el caso opuesto de extremo cortocircuitado siempre la I es alta y la V es baja a causa del cortocircuito; las condiciones se invierten con un pico de V y un nulo de I a un cuarto de onda desde el extremo. La figura de ondas estacionarias continúa con inversiones cada cuarto de onda. Recuérdese que la I alta y la V baja para una frecuencia específica crean el mismo efecto que una resonancia serie. También, la V alta y la I baja significan Z alta con los efectos de circuito resonante en paralelo. Estos efectos explican por qué se pueden utilizar secciones de cuarto de onda y media onda de línea de transmisión como circuitos sintonizados de bajas pérdidas, particularmente para las trampas de onda, en frecuencias de las bandas VHF y UHF.

El hecho de que una línea desadaptada tenga ondas estacionarias significa que la magnitud de la señal en el extremo depende de dónde esté cortada la línea. La longitud de 1 pie (30 cm) más o menos puede significar una gran diferencia, pero si una línea está correctamente terminada en su Z_0, su longitud no es crítica.

Relación de ondas estacionarias de tensión. Los ejemplos de una línea abierta y de una línea cortocircuitada, son los casos extremos de desadaptación en que casi toda la energía es reflejada desde la terminación de la línea. Pero también ocurre la reflexión con una mala terminación no igual a la impedancia característica Z_0. Entonces es reflejada parte de la energía y la tensión es menor que el doble de la existente en los picos de la onda estacionaria, y en los nulos o nodos la energía es mayor que 0. Por esta razón, el grado de adaptación del cable se puede expresar como relación de tensión en los picos y la tensión en los nodos. Esto es lo que se llama relación de ondas estacionarias de tensión (ROET, o en inglés VSWR):

$$\text{ROET} = \frac{V_{\text{máx}}}{V_{\text{mín}}} \tag{15-3}$$

Cuando la línea está perfectamente adaptada con una terminación igual a su propia Z_0, no hay ondas estacionarias. Entonces $V_{\text{máx}}$ y $V_{\text{mín}}$ son iguales y ROET = 1. Cualquier otra terminación produce una ROET mayor que 1.

Preguntas de prueba 15-3
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Qué valor de R se debe utilizar para terminar un cable coaxial RG-59U para la adaptación de impedancias?
b. Si se aumenta el valor de capacidad por unidad de longitud C de una línea ¿aumenta o disminuye la impedancia característica Z_0?
c. ¿Un extremo abierto de línea de transmisión corresponde a un circuito resonante en serie o a un circuito resonante en paralelo?
d. ¿Cuál es el valor de la ROET cuando un cable está terminado en su Z_0?

15-4 Pérdidas de cable

En nuestra línea imaginaria sin pérdidas, toda la energía enviada a la línea desde la fuente se consume en la carga terminal. Sin embargo, en las líneas prácticas se disipa alguna energía en la propia línea. El resultado es la atenuación de la señal. Hay tres causas de atenuación:

1. Pérdidas I^2R producidas por la corriente en los conductores.
2. Pérdidas dieléctricas en el aislador entre los conductores. Recuérdese que en la banda VHF las frecuencias de las señales pertenecen a la gama de radiofrecuencias.
3. Efecto pelicular. La corriente de RF fluye más en la superficie del conductor que en su masa central. A causa de la menor área para la corriente, la resistencia en c.a. del conductor aumenta.

El cable de aluminio de la figura 15-2 tiene un revestimiento de cobre alrededor del conductor interior para reducir las pérdidas por el efecto pelicular.

Las pérdidas aumentan con la frecuencia. Las pérdidas aumentan de modo directamente proporcional a la raíz cuadrada de la frecuencia f. En un caso práctico, las frecuencias del canal 13 son de 210 a 216 MHz, que son unas cuatro veces más altas que las del canal 2 de 54 a 60 MHz. En $4f$, las pérdidas de la línea para el canal 13 son iguales a $\sqrt{4}$, o el doble de las pérdidas para el canal 2. Los valores de atenuación del cable con diferentes tipos de cable CATV están reseñadas en la tabla 15-3 para frecuencias de 5 a 500 MHz.

Distancias de cable. Los diseñadores de los sistemas de distribución por cable piensan en términos de atenuación de señal por distancia unidad de la línea. Así, supongamos que un cable particular tiene una atenuación de 1 dB por 100 pies (30,5 m). La pérdida es 6 dB en 600 pies (183 m) y 20 dB para 2000 pies (610 m). Una pérdida de 6 dB de tensión significa la mitad de señal.

En vez de hacer continuamente la conversión de pérdida en decibelios, a distancia, es más cómodo trabajar en términos de pérdida de cable directamente. En nuestro ejemplo, la longitud de 2000 pies (610 m) de cable se traduce en un intervalo de 20 dB. La función de los amplificadores de enlace es compensar las pérdidas de cable y restaurar los niveles de señal con los valores estándar en todos los sistemas de cable.

Preguntas de prueba 15-4
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Las pérdidas de cable aumentan con la frecuencia.

TABLA 15-3
ATENUACIÓN DE LOS CABLES DE ENLACE Y DE DISTRIBUCIÓN (dB/100 pies a 68 °F)

FRECUENCIA, MHz	T4412	T4500	T4625	T4750	T4875	T41000*
5	0,19	0,16	0,13	0,11	0,09	0,08
50	0,62	0,51	0,41	0,34	0,30	0,27
216	1,31	1,08	0,88	0,74	0,64	0,59
240	1,39	1,14	0,93	0,78	0,68	0,62
260	1,45	1,19	0,97	0,82	0,71	0,65
270	1,48	1,22	0,99	0,83	0,73	0,66
300	1,56	1,29	1,05	0,88	0,77	0,70
325	1,63	1,34	1,09	0,92	0,80	0,74
350	1,69	1,40	1,14	0,96	0,84	0,77
375	1,75	1,45	1,18	1,00	0,87	0,80
400	1,81	1,50	1,22	1,03	0,90	0,83
450	1,93	1,59	1,30	1,10	0,96	0,89
500	2,04	1,69	1,38	1,17	1,02	0,94

* El T41000 es un cable de enlace de 1 pulgada.
Cortesía Times Fiber Communications Inc.

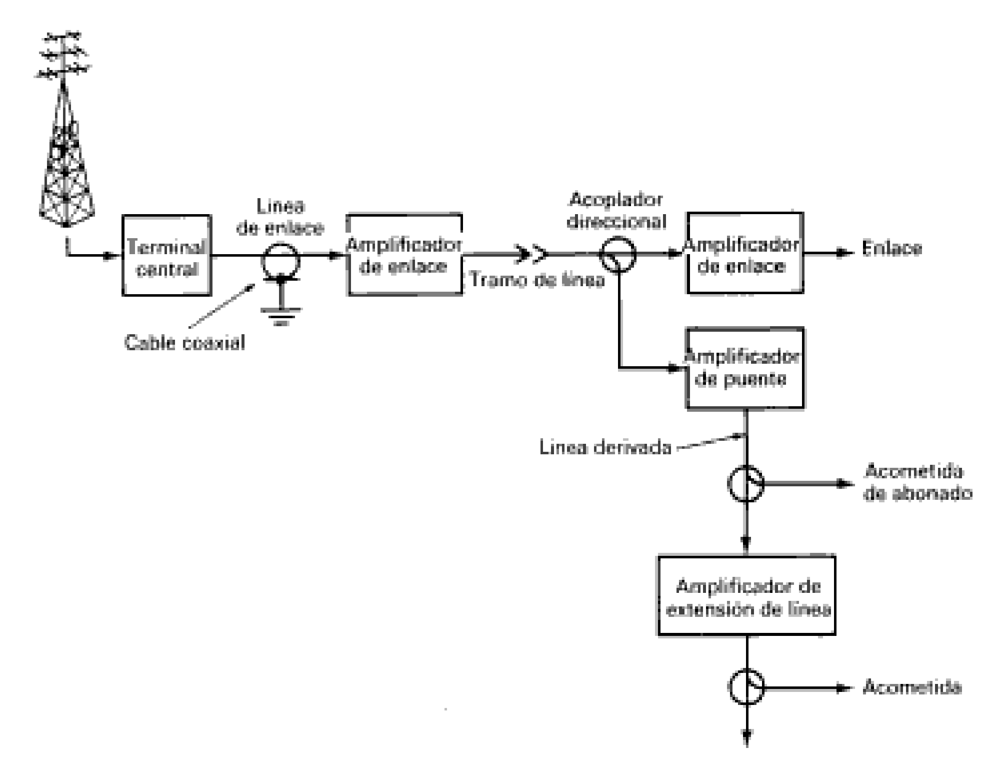


Fig. 15 - 6. Sistema básico de distribución para televisión por cable. Obsérvese el símbolo del acoplador direccional.

b. El cable coaxial no tiene pérdidas I^2R.
c. Una pérdida de 2 dB reduce el nivel de la señal a la mitad.

15-5 Sistema de distribución por cable

Referencia a la figura 15-6. El punto de partida de las señales del cable se denomina *terminal central* o *sección de cabecera* (head end). Aquí son captadas las señales por la antena y amplificadas, ajustadas de nivel y alimentadas a las líneas de enlace. Los canales de UHF son convertidos a canales de VHF. También están incluidas las señales de origen local de un estudio. Las señales de vídeo y de sonido modulan portadoras separadas en un canal VHF que no se utilice. Las rutas principales de la señal desde el terminal central son las líneas de enlace.

Amplificadores de enlace. Éstos están insertados a intervalos regulares a lo largo del cable para compensar las pérdidas. Por ejemplo en la figura 15-7 hay colocado un preamplificador de 20 dB en el extremo de un tramo de cable que tiene una pérdida de 20 dB. La unidad que se utiliza para las señales del cable es la de "decibelios por encima de 1 mV" (dBmV). A intervalos regulares se sitúan amplificadores para conservar la señal de manera que mantenga el nivel estándar de 1 a 3 mV.

La figura 15-8 muestra una caja de intemperie para un amplificador de enlace en un *sistema aéreo*, que está montada en un poste. La potencia se obtiene de una toma o derivación de las líneas de servicio eléctrico.

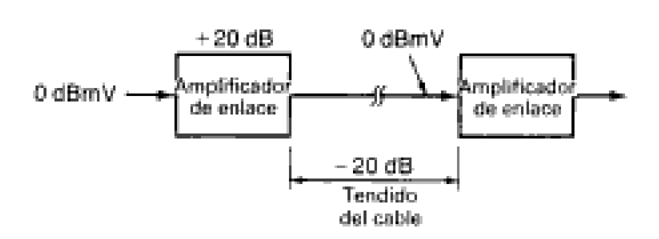


Fig. 15 - 7. Amplificadores de enlace que corrigen las pérdidas del cable.

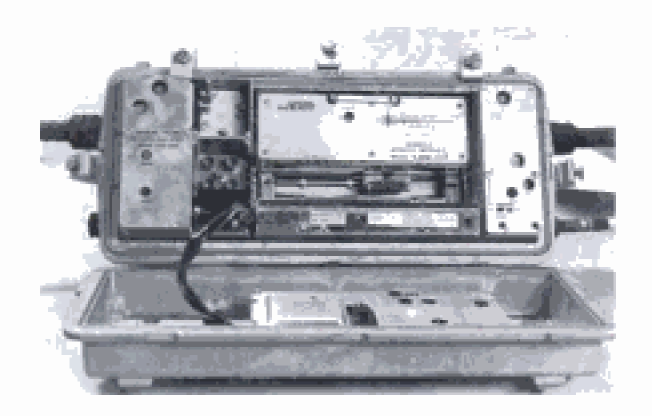


Fig. 15 - 8. Unidad de amplificador de enlace montada sobre poste. La tapa anterior está quitada para que se vea su interior. La anchura es de 14 pulgadas (355,6 mm).

Amplificadores de puente. Este tipo de amplificador alimenta una rama de abonado de la línea de enlace en el sistema o red de cable. La ganancia típica es de 20 a 40 dB. La salida es para las líneas individuales de abonado.

En algunos casos, los amplificadores de enlace y de puente están colocados en la misma caja de intemperie. Se puede utilizar un atenuador adicional en la entrada al amplificador de puente para equilibrar los niveles de señal.

Amplificadores de línea. Los tramos largos de línea desde el amplificador de puente pueden requerir amplificadores de extensión de línea que se insertan en la línea de abonado, para compensar las pérdidas en ella. Este amplificador aumenta las líneas de abonado o acometidas que se pueden derivar de una extensión de línea. La ganancia típica es también de 20 a 40 dB.

Acopladores direccionales. La potencia de señal tomada de la línea de enlace se debe mantener muy pequeña para que la línea no se cargue excesivamente por todas las acometidas. El dispositivo utilizado para derivar la señal es un *acoplador direccional.* Su construcción está ilustrada en la figura 15-9*a* y su símbolo está representado en la figura 15*b*. Es un dispositivo de tres terminales. Uno de ellos es para la entrada de señal. Otro transporta la señal a través de la línea de enlace y el tercero deriva la señal de salida.

El acoplador direccional se denomina así porque alimenta una muestra de la señal enviada desde el terminal central, llamada de sentido directo o descendente, pero prescindiendo de la energía reflejada en la línea de enlace. Esto se efectúa por medio de un pequeño lazo o bucle colocado en la pared del conjunto coaxial, como muestra la figura 15-9*a*. El bucle está terminado con un resistor de 75 Ω y actúa como condensador y como inductor. Su capacidad se carga hasta la diferencia de potencial entre los conductores interior y exterior en ese punto de la línea. El bucle, que puede ser una bobina de una sola espira, está magnéticamente acoplado al conductor central para derivar la señal.

Los acopladores direccionales tienen una *pérdida de inserción* muy pequeña entre las señales de entrada y salida de la línea de enlace. Un valor típico es −1 dB para la pérdida de inserción de 300 MHz. La *pérdida de derivación* desde la entrada hasta la salida es típicamente −13 dB, pero está compensada en el amplificador de puente.

Fuentes de alimentación. Los amplificadores de cable son de estado sólido y requieren poca potencia. Las fuentes de alimentación se colocan a intervalos de larga distancia y el propio cable se

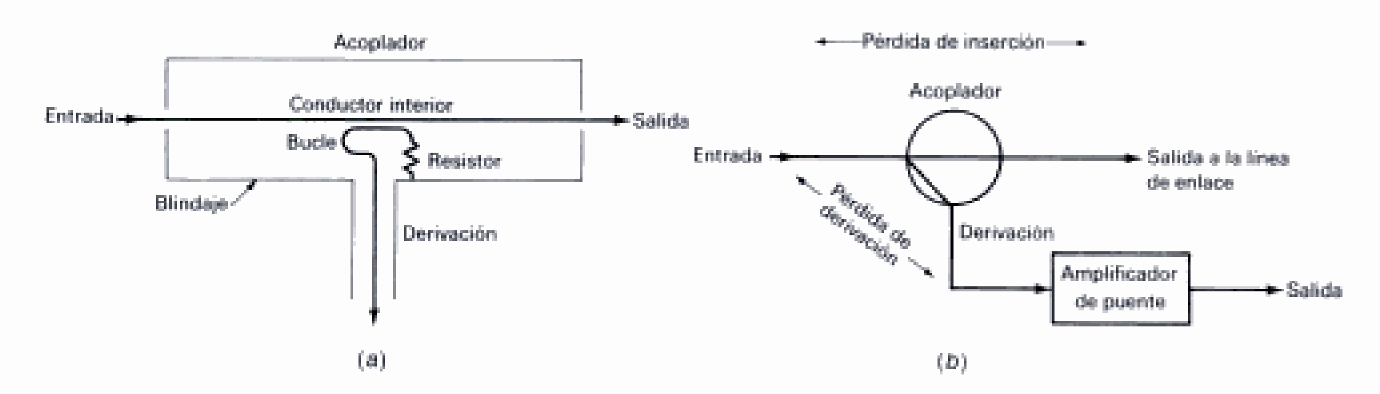


Fig. 15 - 9. Acoplador direccional en la línea de enlace para la extracción de la señal. (a) *Esquema.* (b) *Símbolo.*

utiliza para el transporte de la potencia de c.c. La entrada a la fuente de alimentación es de 120 V c.a. tomada de la línea de energía en el mismo poste de un sistema aéreo. La tensión normal de la fuente de alimentación de c.c. para los amplificadores de cable es 24 V.

El módulo de fuente de alimentación se coloca usualmente en la misma caja de intemperie que contiene los amplificadores de la línea de enlace y de puente. En algunos casos, se mantienen las baterías de acumuladores en carga constante, con dos baterías de 12 V en serie para tener 24 V. Se conmutan conectándolas en servicio cuando haya un fallo en la línea de distribución de energía de c.a.

Derivaciones de la línea. La derivación o toma final en el sistema alimenta la acometida para el abonado, usualmente con un cable RG-59U. La figura 15-10 muestra una toma múltiple con cuatro derivaciones para cuatro casas próximas entre sí. Lo mismo que en los acopladores direccionales, la derivación de la línea tiene baja pérdida de inserción pero la pérdida de la derivación es alta.

La pérdida entre las tomas conviene que sea alta para que haya aislamiento entre las acometidas individuales o líneas de bajada de los abonados. Es necesario el aislamiento con el fin de que un cable que no esté terminado correctamente en el receptor de un abonado no genere reflexiones en la red o sistema de cable. Dos posibles terminaciones son un cable que no esté conectado o conductores que estén cortocircuitados. Existen unidades de derivación, con varios valores de pérdidas de derivación para que puedan ser equilibrados los niveles de la señal en diferentes acometidas a lo largo de la rama o derivación.

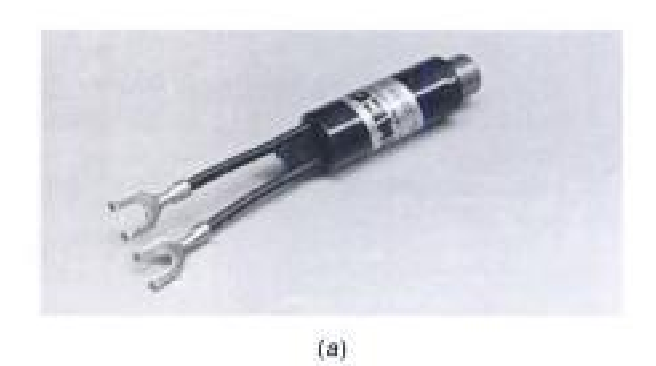


Fig. 15 - 10. Unidad de cuatro tomas para montaje exterior. El tamaño es 4 × 6 pulgadas (101,6 × 152,4 mm).

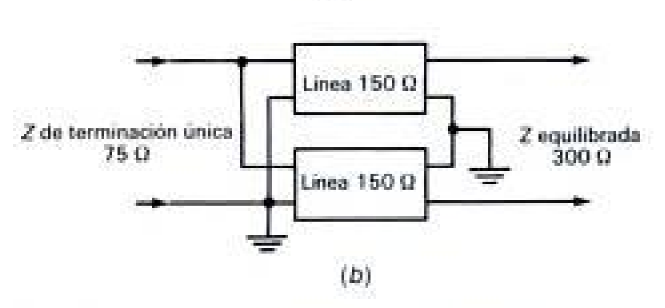
Unidades balun. La palabra *balun* es abreviatura de conexiones *bal*anced-to-*un*balanced (equilibradas a desequilibradas). La figura 15-11*a* ilustra una unidad típica. La mayoría de receptores están diseñados para una entrada equilibrada de 300 Ω en las conexiones de antena, con línea de transmisión de conductores gemelos y ninguno de los conductores conectados a tierra. El cable coaxial de un sistema CATV, sin embargo, es de un solo terminal, o sea, está desequilibrado con un solo conductor a tierra. Se utiliza el balun para adaptar el cable coaxial de 75 Ω a la entrada del receptor de 300 Ω.

Como muestra la figura 15-11*b* el balun se construye con dos secciones de línea de 150 Ω, generalmente bobinadas para reducir el tamaño de la unidad. Las líneas están conectadas en paralelo en el lado de 75 Ω y en serie en el lado de 300 Ω. Realmente, el balun puede adaptar las impedancias en cualquier dirección.

Conector F. El conector coaxial de la línea de 75 Ω en la figura 15-11*a* es el conector F estándar usado en las instalaciones de cable. Su ventaja es



(*a*)



(*b*)

Fig. 15 - 11. El balun adapta la Z de la terminación única de 75 Ω del cable a la Z equilibrada de 300 Ω del circuito de entrada de antena del receptor. (a) Unidad típica. Tamaño 2 × 1/2 pulgadas (50,8 × 12,7 mm) sin terminales. (b) Esquema.

que no requiere soldadura. El hilo o alambre central macizo del cable corresponde a la patilla o terminal central del conector. Además, el manguito conectado a tierra desliza dentro de la cubierta trenzada o blindaje del cable. El manguito de la clavija está atornillado en el jack, o bien se puede utilizar un conector que entra a presión. Muchos receptores de TV tienen un jack de entrada para un conector F por lo que se pueden hacer directamente las conexiones del cable sin necesidad de balun.

Preguntas de prueba 15-5
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. El terminal central o sección de cabeza del sistema de cable es el punto de partida de las señales del cable.
b. Un cable de enlace es la línea principal para las señales del cable.
c. La pérdida de inserción es más elevada que la pérdida de derivación en las tomas de línea.
d. Un balun convierte impedancias entre 75 Ω y 150 Ω.

15-6 La unidad dBmV para pérdidas y ganancias

Debido a que las tensiones de señal del cable son medidas siempre a través de la misma impedancia de 75 Ω, es más cómodo expresar los niveles de tensión en decibelios. Para CATV la referencia que se utiliza es 1 mV a través de 75 Ω. Con esta referencia las unidades están indicadas en dBmV. Esta referencia es un valor arbitrario, pero 1 mV es la mínima tensión de señal medida a través de 75 Ω que necesita un receptor para que la imagen esté exenta de ruido. A través de 300 Ω el mínimo es 2 mV.

La tensión de señal puede ser convertida en unidades dBmV por la fórmula

$$\text{dBmV} = 20 \log \frac{\text{mV}}{1\text{mV}} \qquad (15\text{-}4)$$

Como el denominador es 1 mV para la referencia, hay que hallar el logaritmo del nivel de la señal en milivoltios y multiplicarlo por 20. Por ejemplo, para convertir un nivel de señal de 10 mV:

$$\begin{aligned}\text{dBmV} &= 20 \log 10\\ &= 20\,(1)\\ &= 20\end{aligned}$$

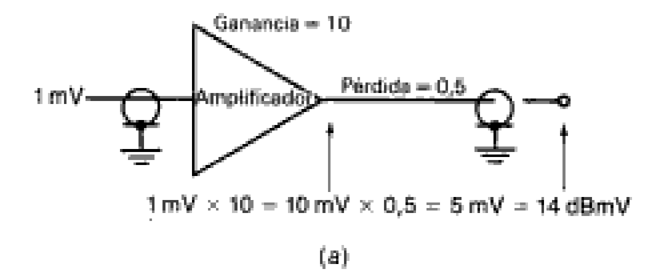
Es cómodo para el cálculo el método de dBmV porque se pueden sumar las unidades logarítmicas o restarlas de las ganancias o pérdidas de la tensión. Consideremos un amplificador con una ganancia de tensión de 10 que excite a un cable con un factor de atenuación de 0,5 como muestra la figura 15-12. En la 15-12*a*, la ganancia de tensión de 10 se multiplica por la entrada de señal de 1 mV para obtener una salida de 10 mV. El cable reduce el nivel de la señal a la mitad. Así la salida final es 10 × 0,5 = 5 mV.

La salida de señal de 5 mV corresponde a 14 dBmV porque

$$\begin{aligned}\text{dBmV} &= 20 \log 5\\ &= 20\,(0{,}7)\\ &= 14\end{aligned}$$

En la figura 15-12*b*, todos los valores están indicados en dBmV. Los dBmV se suman para la ganancia y se restan para la pérdida. Los valores en la figura 15-12*b* son los siguientes:

0 dBmV es el nivel de 1 mV de la señal de entrada



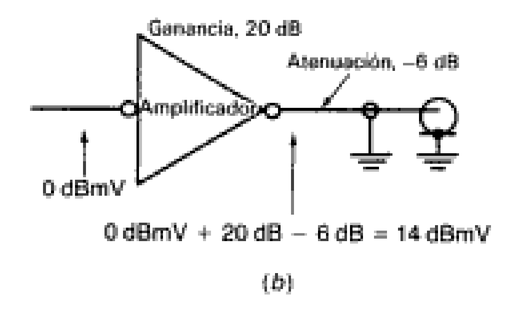


*Fig. 15-12. Cálculo de la ganancia (*a*) en milivoltios; (*b*) en unidades dBmV.*

20 dBmV es la ganancia del amplificador de 10

−6 dBmV es la atenuación de 0,5 del cable

El resultado final para el nivel de la señal de la salida es 0 + 20 − 6 = 14 dBmV. Obsérvese que la ganancia y la atenuación del amplificador pueden estar expresadas en decibelios regulares, ya que estos valores son relaciones de tensión sin referencia.

Preguntas de prueba 15-6
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál es el nivel de referencia de la unidad dBmV?
b. ¿Cuál es el nivel de la señal de 2 mV en unidades dBmV?
c. ¿Cuál es el nivel de la señal de 0,5 mV en unidades dBmV?

15-7 Distorsiones en la señal de cable

Los amplificadores de cable deben proveer la máxima señal para compensar las pérdidas del cable y una buena relación señal/ruido para que no haya nieve en la imagen. Sin embargo, los niveles de la señal deben ser mantenidos dentro de límites estrechos a causa de que los amplificadores producen serias distorsiones con señales excesivas.

Distorsión armónica. Cuando un amplificador está sobreexcitado, aparece distorsión armónica en la salida. Los armónicos son múltiplos de las frecuencias de señal que está siendo amplificada. La distorsión armónica es realmente resultado de la distorsión de amplitud porque los cambios de la forma de onda generan nuevas frecuencias.

Los armónicos de segundo orden no son demasiado importantes en un sistema de 12 canales porque los segundos armónicos de las frecuencias de los canales 2 a 6 caen en el margen de 110 a 176 MHz. Estas frecuencias están en el margen de la banda media entre los canales 6 y 7. Los armónicos pueden ser causa de problemas de interferencia, sin embargo, en los sistemas de cable que utilicen canales de banda media y de superbanda.

Los amplificadores de cable funcionan en contrafase. Los segundos armónicos generados en los circuitos en contrafase se cancelan en la salida. La cancelación es efectiva pero no completa

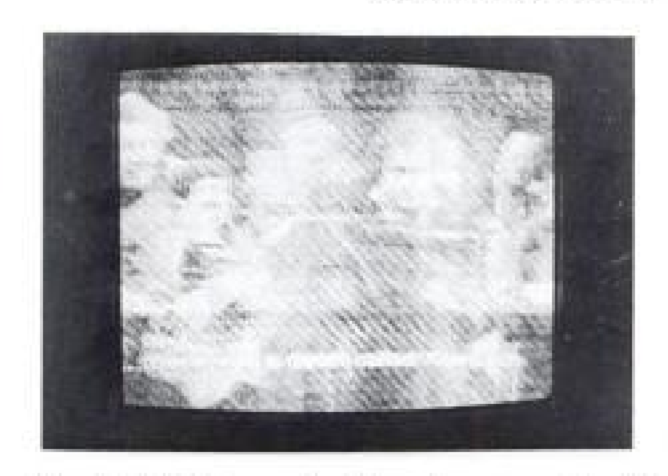


Fig. 15 - 13. Síntomas de distorsión por modulación cruzada en el amplificador de cable.

porque es difícil conseguir circuitos en contrafase perfectamente equilibrados.

Modulación cruzada. Los armónicos de tercer orden y los efectos de la modulación cruzada son los resultados más desfavorables de la distorsión por sobrecarga. La característica de alinealidad del amplificador es causa de que una etapa amplificadora sobrecargada funcione como etapa mezcladora, de que sean detectadas las señales de entrada y de que sea extraída la modulación. Entonces puede ocurrir la transferencia de una modulación a otra frecuencia portadora.

El efecto en la imagen de la modulación cruzada es una confusión de las líneas y la aparición de la señal vídeo de otro canal. La imagen interferente puede ser negativa. Esto se evidencia claramente cuando en el canal que se está contemplando se ennegrece la pantalla entre las imágenes de los anuncios comerciales.

El síntoma más obvio de modulación cruzada es que aparece la máxima modulación de la señal interferente, que es el sincronismo. Esto se presenta como barras verticales en la imagen (fig. 15-13). Las barras pueden estar estacionarias o pueden desplazarse a través de la imagen, dependiendo de la estabilidad del generador de sincronismo en el canal interferente. Obsérvese que las barras están producidas por el sincronismo y los impulsos de borrado.

Señales espurias. Otro efecto de la sobrecarga del amplificador es la producción de frecuencias espurias que no están armónicamente relacionadas con la señal deseada. Se producen armónicos

cia del amplificador en las frecuencias más altas del canal. El sistema ASC utiliza otra portadora piloto con una frecuencia igual o próxima a la más alta del canal. En la figura 15-14 la frecuencia piloto ASC es 270 MHz. El amplificador de banda estrecha y el detector de ASC están sintonizados en esta frecuencia para proveer la tensión c.c. de control que hace variar la ganancia del amplificador del control de pendiente. R_2 provee un control manual para el ajuste inicial. El control R_2 del ASC y el R_1 del CAG se ajustan para equilibrar el sistema con el fin de obtener una señal uniforme en todos los canales. Entonces los circuitos automáticos de control pueden mantener el equilibrio.

Preguntas de prueba 15-7
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Las barras de sincronismo y borrado de otro canal pueden estar causadas por distorsión de sobrecarga.
b. La temperatura no tiene efectos sobre la atenuación del cable
c. Un circuito de control de la pendiente aumenta la ganancia del amplificador en los canales de frecuencia más altos.

15-8 Sistemas de cable bidireccionales

Además de las señales descendentes desde el terminal central o sección de cabeza hasta los abonados, algunos sistemas de cable están proyectados para servicio en sentido ascendente desde los abonados hasta el terminal central. Ambas direcciones se utilizan en el mismo cable. Sin embargo, son necesarios amplificadores separados para la señal ascendente, como muestra la figura 15-15. La comunicación en sentido ascendente se efectúa en la banda de frecuencias comprendida entre 5 y 30 MHz.

Para el camino descendente, en la parte superior de la figura 15-15, se utilizan diplexores con un filtro de paso alto para la señal descendente. Es necesario el filtrado para suprimir la señal ascendente. En la parte inferior del diagrama, los filtros de paso bajo separan la señal de retorno que pertenece a la banda de 5 a 30 MHz. Solamente se utiliza la señal ascendente en el amplificador de retorno. En la estación o extremo del abonado, la unidad de convertidor suministra la señal ascendente.

Aplicaciones bidireccionales. Algunos municipios permiten conectar a una estación receptora central sistemas de alarma domésticos contra el robo en la línea de retorno del sistema de cable. Lo que es más importante es que el sistema proporciona a los abonados comunicaciones bidireccionales para facturación, encuestas y venta a domicilio, así como el acceso a programas especiales de TV mediante pago. El sistema actúa como una oficina de caja electrónica que recauda el dinero de todos los abonados.

La respuesta del abonado se puede hacer mediante algunos botones pulsadores en la unidad de convertidor de TV por cable. Son posibles

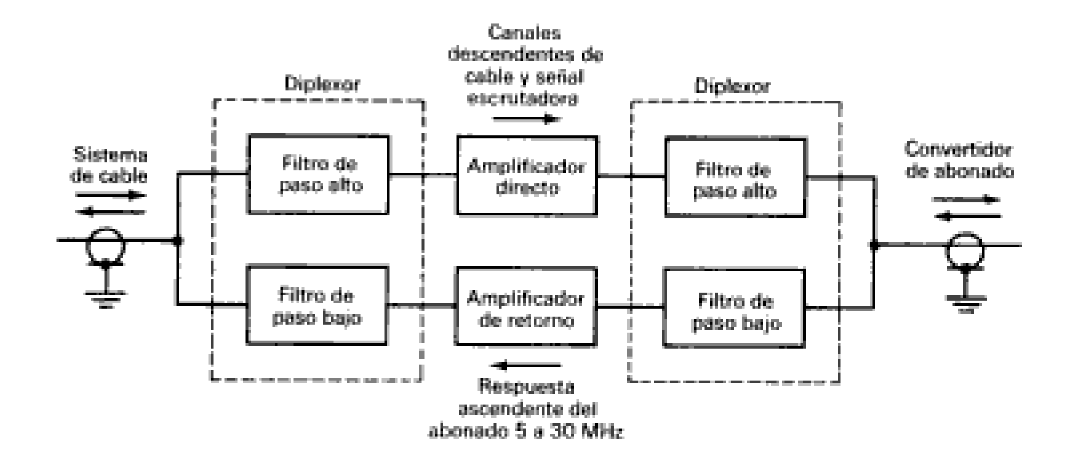


Fig. 15 - 15. Amplificador bidireccional de cable.

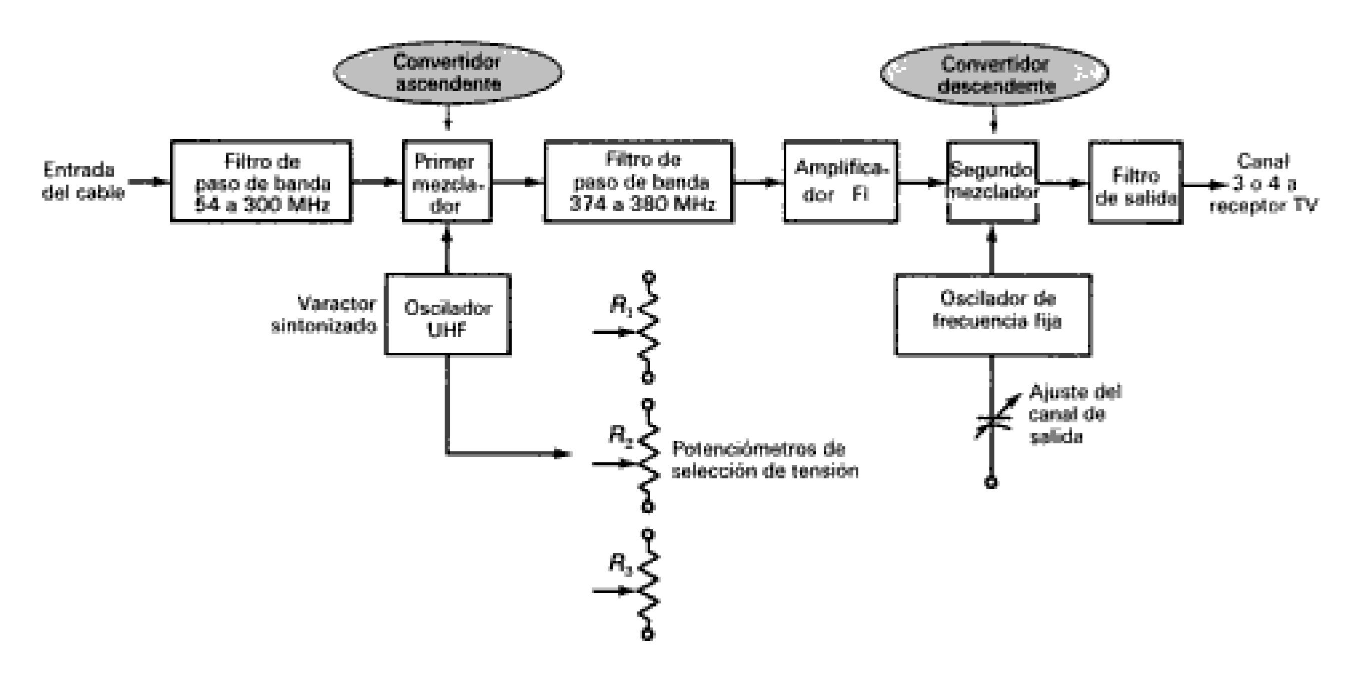


Fig. 15 - 16. Diagrama de bloques básico del convertidor bidireccional de TV por cable.

En la figura 15-16 se utilizan dos etapas mezcladoras. El primer mezclador con el oscilador local sintonizado por varactor convierte todos los canales de entrada al valor FI del convertidor. La banda de FI es aquí de 374 a 380 MHz, pero algunos convertidores utilizan 608 a 614 MHz para la señal de FI. Un filtro de paso de banda incorporado en el circuito de salida del conversor ascendente selecciona sólo la señal FI, que es el canal deseado que se sintoniza por el oscilador local UHF.

El segundo mezclador, con una frecuencia de oscilador fija, es el convertidor descendente. Heterodina la señal de FI en sus valores de UHF para reducirlos hasta los del canal 3 o 4 del receptor de TV. En este oscilador hay un ajuste para cualquiera de los canales de salida.

La frecuencia que se utiliza en el segundo LO para la conversión descendente es la misma para todos los canales. La señal de FI está siempre en la banda de paso fija de FI del convertidor. Cada uno de los canales seleccionados ha sido ya elegido cuando se ha sintonizado la primera frecuencia LO en el convertidor ascendente, que heterodina a todos los canales de cable hasta la banda superior de FI.

Selección del canal. Cada canal es sintonizado por un control de varactor de la frecuencia del oscilador local en el convertidor ascendente. Un varactor es un diodo capacitivo. Su capacidad disminuye con la tensión c.c. inversa. Como la frecuencia se varía con la polarización de c.c., el circuito es un oscilador controlado por tensión (VCO).

La figura 15-17 muestra una disposición normal del convertidor de cable. Los interruptores de botón pulsador S_1 a S_6, a la derecha del diagrama, están indicados por los números de canal. Cuando son empujados, los interruptores insertan los resistores R_1 a R_6 en el circuito. La tensión c.c. de polarización es aplicada a través del conmutador de bandas de tres posiciones con secciones S_A, S_B, y S_C. Cada potenciómetro está preajustado para proporcionar la tensión de c.c. con la cual el VCO funcione en la frecuencia necesaria para sintonizar un determinado canal. El interruptor de bandas de tres posiciones, con 12 interruptores de botón pulsador y 12 potenciómetros, permite sintonizar $3 \times 12 = 36$ canales. En la figura 15-17, por motivos de simplicidad, sólo están representados seis interruptores de botón pulsador.

Sintetizador de frecuencia. El diagrama de bloques de la figura 15-18 muestra el circuito completo de un convertidor bidireccional que utiliza síntesis de frecuencia. La sección del sintetizador muestra cómo se ajusta la frecuencia del VCO

figura 15-18. Así la frecuencia necesaria del VCO, que bate por encima de la señal de entrada del mezclador, es

$$295{,}25 + 612{,}75 = 908 \text{ MHz}$$

La salida del oscilador de 908 MHz es aplicada al primer mezclador, pero para la unidad de circuito integrado del sintetizador se toma también una muestra. Primero se divide por 256 la frecuencia de LO de 908 MHz, lo que da 3,546875 MHz. Luego se ajusta el contador programable para dividir por 454:

$$\frac{3546{,}875 \text{ kHz}}{454} = 7{,}8125 \text{ kHz}$$

La señal dividida del VCO y la señal del oscilador de referencia son comparadas en el detector de fase. Su salida es la tensión c.c. de control para corregir la frecuencia del VCO. La alimentación para el VCO se hace a través de un filtro con el fin de eliminar el ruido. Este sistema es realmente un bucle de enganche de fase (PLL) y se le utiliza en muchas aplicaciones para el control de frecuencia. Si hay cualquier error de frecuencia, la tensión de control corrige el VCO para que su valor

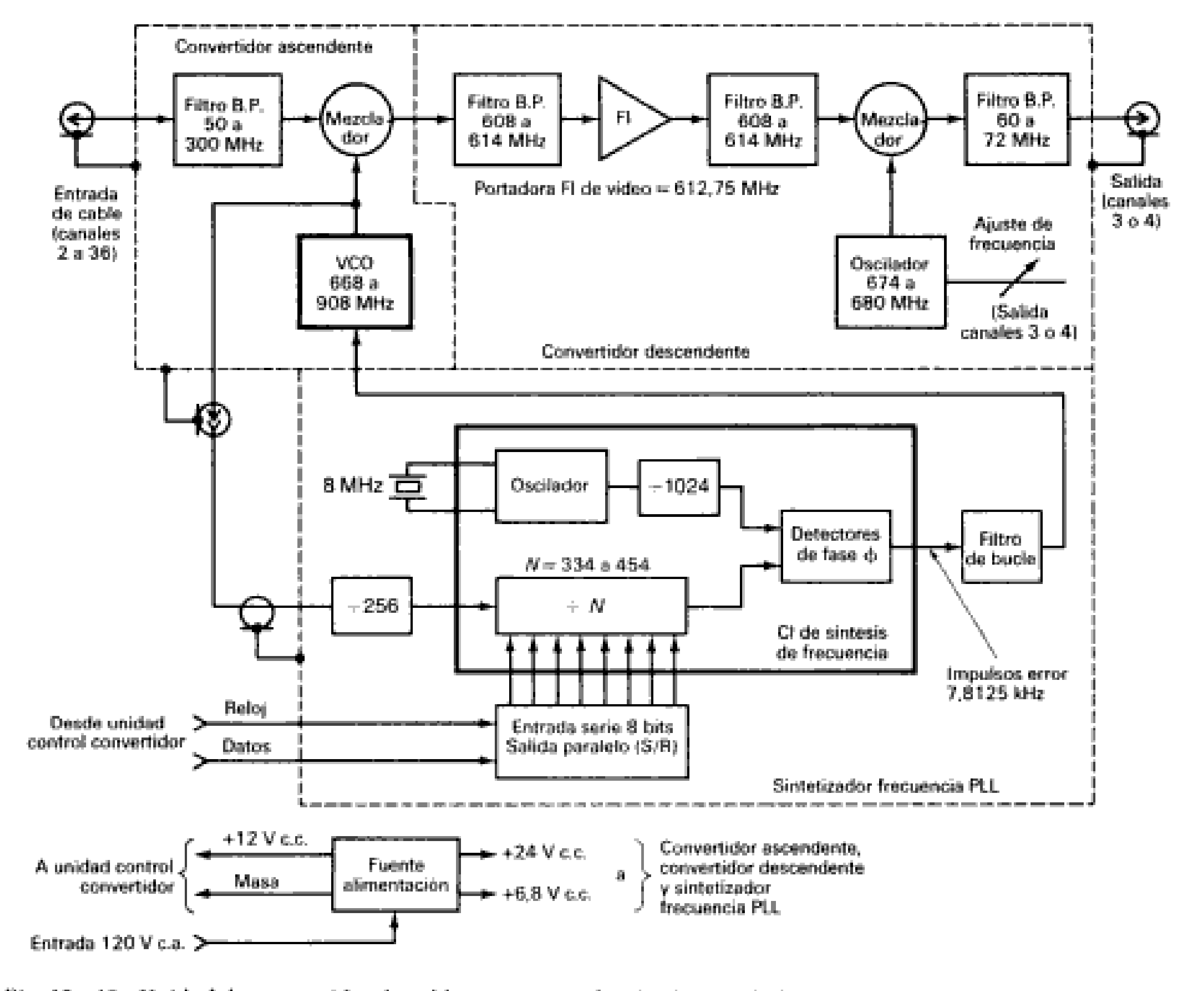


Fig. 15 - 18. Unidad de convertidor de cable en que se utiliza la síntesis de frecuencia para el primer oscilador local en convertidor ascendente. B.P. indica filtros de paso de banda utilizados para suprimir las señales espurias. (Sylvania CATV Transmission Systems.)

dividido de 7,8125 kHz sea exactamente el mismo que el de la frecuencia del oscilador a cristal de referencia. En consecuencia, el VCO del convertidor ascendente tiene la misma precisión que el oscilador estándar a cristal para cualquier canal seleccionado.

Obsérvese que la portadora FI de vídeo de 612,75 MHz está en el extremo superior del margen de 608 a 614 MHz de la banda de paso FI, separada 1,25 MHz de dicho extremo. La razón es que cualquier heterodinaje que ocurre donde el oscilador bate por encima de las frecuencias de entrada del mezclador produce la inversión de las frecuencias de señal FI. Esta inversión de frecuencia está ilustrada en la figura 12-11. Sin embargo, la unidad de convertidor de cable tiene otra inversión de frecuencia en el convertidor descendente. A consecuencia de la doble inversión de la señal de salida, en los canales 3 o 4 las portadoras de imagen y sonido tienen las mismas frecuencias que en el canal regular de difusión de TV.

La figura 15-19 muestra un convertidor popular de cable que utiliza síntesis de frecuencia. Las cubiertas de apantallamiento de RF han sido desmontadas para mostrar las unidades coaxiales necesarias para la sintonía con frecuencias ultraaltas.

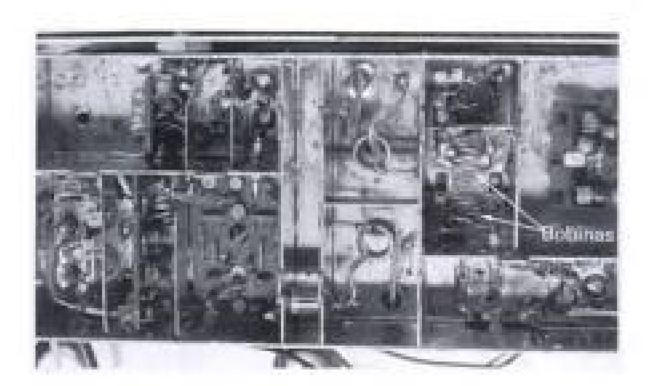


Fig. 15 - 19. Convertidor del sintetizador de frecuencia. Circuito RF para conversión bidireccional. Anchura 10 pulgadas (254 mm). Sacados los blindajes o apantallamiento del convertidor bidireccional para que sea visible el equipo coaxial de sintonía.

Preguntas de prueba 15-9
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. El convertidor de cable utiliza dos osciladores locales.

b. La portadora FI de vídeo de un convertidor de cable es generalmente de 45,75 MHz.

c. El oscilador local para el convertidor ascendente funciona en el margen de UHF.

d. Cada canal de cable se selecciona ajustando la frecuencia del VCO para el convertidor ascendente.

15-10 Trampas de onda y métodos de codificación

Los sistemas de cable ofrecen por una tasa mínima el llamado servicio básico, que incluye los canales de difusión de TV locales, algunas estaciones situadas fuera de la ciudad y los programas de origen local. Además, ofrecen servicios de pago que incluyen la transmisión de acontecimientos deportivos especiales, de películas íntegras y sin interrupciones comerciales, etc. Sin embargo, estos canales de pago requieren una sobretasa que se añade a la cuota básica. Para servir solamente a los abonados que pagan este servicio extra se utilizan dos técnicas. En una de ellas se inserta una trampa de onda que atenúa el canal de pago. La trampa está en la línea de alimentación a cada uno de los abonados que no tiene servicio de pago. La figura 15-20 muestra esta trampa para montaje en el poste de la línea aérea. El método de trampa no se utiliza mucho porque requiere trabajar en el poste para cambiar el servicio. Además, las trampas pueden ser desacopladas o puenteadas por manipulación ilegal en la línea del abonado.

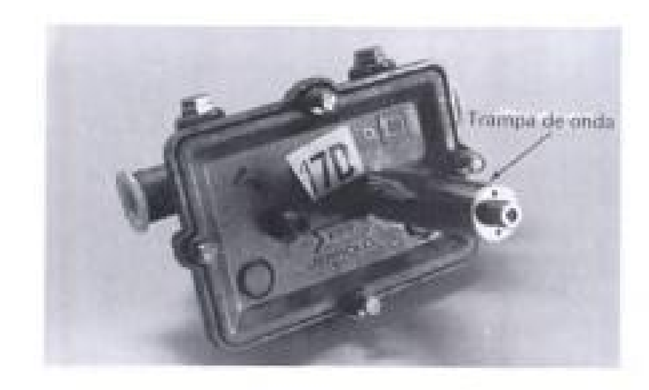


Fig. 15 - 20. Trampa de onda de canal utilizada en sistemas aéreos. Está montada en unidad de trampa múltiple.

Hoy día, el método que se prefiere para mayor seguridad es el de codificación o inversión de frecuencia de la señal. La imagen es ininteligible a no ser que se decodifique con una unidad que proporciona el operador de cable.

Codificación. El método más común de codificación de la señal es el de *supresión del sincronismo*. El sincronismo solamente es comprimido en la envolvente de modulación de RF de la portadora de vídeo en el canal de cable. Entonces el receptor no se puede sintonizar con la señal de sincronismo suprimida. La imagen está usualmente fuera de sincronismo tanto vertical como horizontalmente, lo que se evidencia por el desplazamiento vertical de la imagen y las barras diagonales. Además, la pérdida de sincronismo desajusta el circuito CAG del receptor y produce los efectos de distorsión de sobrecarga de CAG. La imagen es oscura, posiblemente con los valores de blanco y negro invertidos, como un negativo fotográfico y fuera de sincronismo. La figura 15-21 muestra la imagen codificada.



Fig. 15 - 21. Aspecto de la imagen cuando se utiliza en el canal el método de supresión de sincronismo para codificación.

Decodificación. La unidad de decodificación invierte el efecto de la codificación en el terminal central por la restauración de sincronismo de la señal RF. El sincronismo se restablece por medio de un atenuador de RF manipulado y desacoplado con un interruptor de diodo, indicado por R_A en la figura 15-22. En este método, los impulsos necesarios para el atenuador conmutado son enviados a la unidad de decodificación por una vía separada. Se utiliza para ello una *señal portadora piloto* cuya frecuencia es inferior a la del canal. Un ejemplo de frecuencia de la portadora piloto es 114 MHz en el canal de banda media A de 120 a 126 MHz. Son posibles otras opciones y los operadores de cable eligen otras frecuencias piloto por razones de seguridad.

En la figura 15-22 el decodificador contiene un receptor de banda estrecha sintonizado a una frecuencia piloto asignada. El receptor tiene un detector de amplitud y circuitos conformadores de impulsos para excitar al interruptor diodo. El impulso decodificador en la señal piloto es el sincronismo necesario para la decodificación. En consecuencia, el sincronismo es restablecido en la señal RF para el receptor de TV.

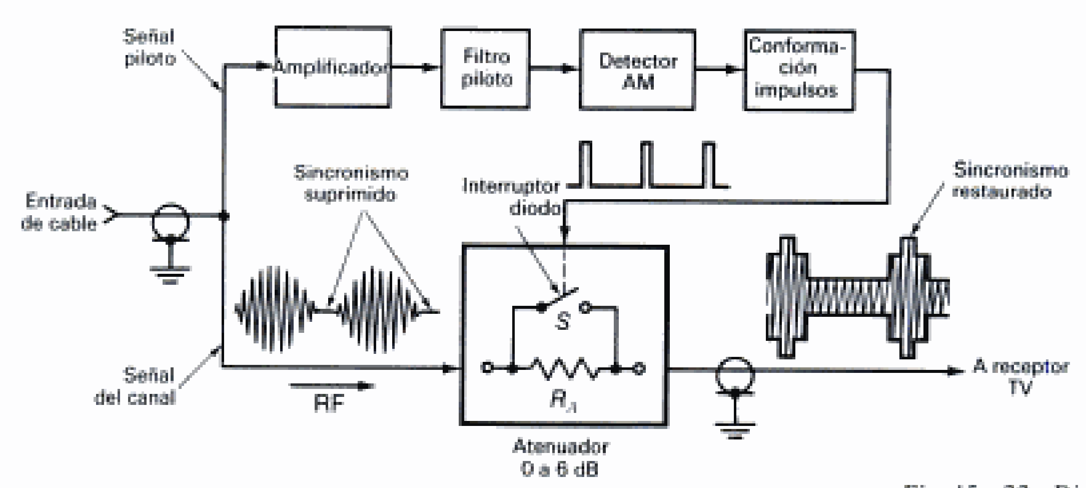


Fig. 15 - 22. Diagrama de bloques de decodificador básico.

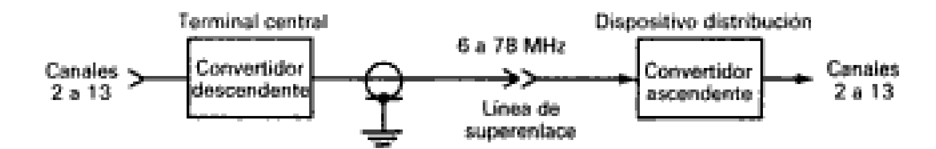


Fig. 15 - 24. El sistema de superenlace utiliza frecuencias más bajas para reducir las pérdidas del cable.

tas son de una fracción de metro. La ventaja de la transmisión de microondas es que se pueden utilizar antenas de disco reflector parabólico para obtener muy alta ganancia con un haz muy estrecho. En efecto, la energía se desplaza en un haz muy estrecho, del tipo de pincel, desde la antena reflectora del transmisor hasta reflector del receptor. La transmisión en línea visual requiere que no haya obstrucciones físicas en el camino del transmisor al receptor. La propagación de microondas es similar a la de la radiación de la luz, ya que las frecuencias de microondas no son mucho más bajas. Sin embargo, las microondas no son visibles.

Se pueden calcular algunos niveles normales de señal para un enlace de microondas que funciona en 13 GHz. La salida del transmisor es 1 W, o sea, 1000 mW. Con referencia 1 mW para las unidades dBmW, esta potencia es 30 dBmW. La ganancia de antena, en unidades de decibelio, con un reflector de 6 pies (1,8 m) de diámetro es 43. La ganancia de antena se aplica en el transmisor y en el receptor por un total de $2 \times 43 = 86$ dBmW. La atenuación de la señal de microondas en una distancia de 20 millas (32,2 km) se puede tomar igual a -146 dBmW. Este valor es la pérdida aproximada, en el espacio libre, en 13 GHz, tal como se indica en las tablas de referencia. La señal resultante en el receptor es

$$30 + 86 - 146 = -30 \text{ dBmW}$$

La potencia de señal en -30 dBmW por debajo de la referencia de 1 mW es igual a 0,001 mW, o sea, 1 μW. En términos de tensión entre los extremos de 75 Ω, $V = 0{,}115$ mV de señal. Se requieren amplificadores especiales de bajo ruido para el receptor en el enlace de microondas. Para diferentes canales de cable se utilizan combinaciones individuales de transmisor y receptor.

Se puede emplear enlace con modulación de frecuencia (FML) o bien enlace con modulación de amplitud (AML). El FML tiene generalmente mejor relación señal/ruido, especialmente si se utilizan acentuación y desacentuación para la señal vídeo de la banda base. Sin embargo, el AML puede tener realmente mejores características de funcionamiento comparadas con un sistema de FM que utilice poca desviación de frecuencia.

Preguntas de prueba 15-11
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Los superenlaces tienen canales de cable de frecuencias convertidas en sentido ascendente.
b. La frecuencia de 13 GHz pertenece a la banda de microondas.
c. Para los enlaces de microondas de televisión se puede utilizar la FM.

15-12 Fibra óptica

El tipo más reciente de enlace de comunicaciones utiliza un cable constituido por fibras delgadas de vidrio que sirven como conducto para la luz a largas distancias con pocas pérdidas. En este sistema con enlace de fibra óptica, se puede utilizar todo el ancho de banda de canal de cable para la modulación de amplitud de la fuente de luz. Para la transmisión, un haz luminoso modulado es la fuente que introduce la luz en las fibras de vidrio. En el extremo receptor un detector fotoeléctrico convierte las variaciones de la amplitud de la luz en las señales del cable. La luz sirve como onda superportadora para toda la banda de paso del cable.

Las ventajas del uso de cable óptico como enlace de larga distancia son importantes. El cable no es tan pesado como los conductores de cobre y su instalación es más cómoda. La atenuación de la luz es mucho menor que las pérdidas que hay con conducción o radiación de la onda portadora de RF. Un factor importante es que la frecuencia excepcionalmente alta de la luz hace posible utilizar una modulación que incluye un enorme margen de frecuencias.

Refracción y reflexión interna de la luz. La razón de la baja atenuación es la reflexión interna de la

luz en cables de fibra. Así no hay escape de luz y las pérdidas son extremadamente pequeñas. Para analizar este efecto, en la figura 15-25*a* están ilustradas las leyes básicas de la refracción de la luz, y en la figura 15-25*b* las de reflexión interna. Los rayos luminosos están representados entrando desde el aire en láminas de vidrio. La velocidad de la luz se reduce en el vidrio a causa de su mayor densidad media.

En la figura 15-25*a*, los rayos de luz entran formando un ángulo con la *normal*. Esta dirección es perpendicular a la interfase donde entra o sale del vidrio la luz. Entrando en el medio más denso, los rayos de luz no continúan su dirección angular original. En vez de esto, se doblan formando un ángulo menor con la normal a causa de la reducida velocidad de los rayos. Cuando cada frente de onda de la luz llega a la interfase aire-vidrio, el efecto es como el de una patrulla de soldados marchando de frente alineados. El primero llega a la interfase y retarda el paso, pero el último continúa con la velocidad original hasta la interfase. En consecuencia, la línea del frente de onda gira hacia su derecha y el haz luminoso se dobla hacia la normal.

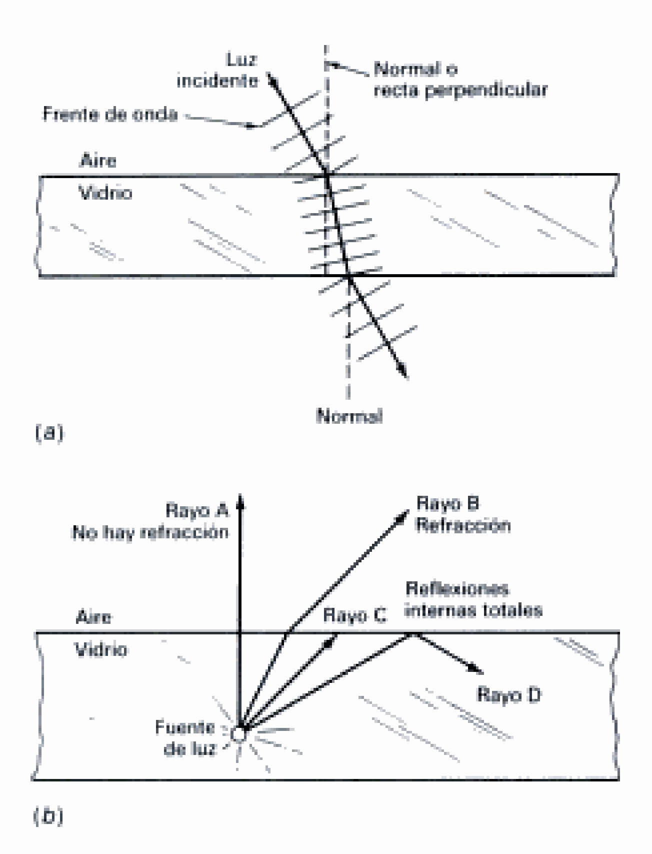


Fig. 15 - 25. Refracción de la luz y reflexión total interna. (a) Refracción o desviación de los rayos de luz. (b) Los rayos que se desvían menos de un ángulo crítico son reflejados totalmente en el interior de un medio más denso.

En la superficie inferior de la lámina de vidrio, la luz que emerge se dobla desviándose de la normal. Este sentido es opuesto al de la dobladura de la luz incidente. La razón es que la luz pasa a un medio menos denso, lo que le permite desplazarse a mayor velocidad.

La dobladura del rayo de luz se llama *refracción*. La magnitud de la refracción, cuando la luz encuentra un medio diferente, está determinada por el índice de refracción cuyo símbolo es ŋ. Su valor es

$$\eta = \frac{\text{velocidad de la luz en el vacío}}{\text{velocidad de la luz en el medio}}$$

Los valores típicos de ŋ son 1 para el aire o el vacío, 1,8 para el vidrio, 2,4 para el diamante y 1,3 para el agua.

Consideremos ahora una fuente luminosa insertada en la lámina de vidrio como en la figura 15-25*b*. La luz radia en todas las direcciones. El rayo de luz designado por A llega a la interfase perpendicularmente. Este rayo en la misma dirección que la normal no es refractado. El rayo B es refractado cuando sale del vidrio. Obsérvese que la refracción desvía al rayo de luz desde la recta normal. Sin embargo, la refracción del rayo C es justamente la suficiente para que la luz se propague siguiendo la superficie del vidrio. En D y con menores ángulos de los rayos, la luz se refleja internamente. Ninguno de estos rayos pueden salir del vidrio. El ángulo en el cual comienza la reflexión interna es el *ángulo crítico interno*.

En la figura 15-26 está representada la acción correspondiente al cable de fibra óptica. La luz que entra en el conductor formando ángulos menores que el doble del ángulo crítico se reflejará interiormente. Luego la luz se propaga a lo largo del cable siguiendo una trayectoria en zig-zag, rebotando en las paredes pero sin salir del vidrio. Este ángulo que permite la reflexión interna completa es el *ángulo de aceptancia*. Toda la luz que incide con un ángulo más pequeño, o a lo largo del eje central, es transmitida dentro del cable óptico.

16 Servicio de televisión y vídeo

Los problemas por averías en equipos de vídeo y en receptores de televisión se pueden localizar ordinariamente en una sección principal observando la trama y la imagen y escuchando el sonido. Los receptores de TV presentan síntomas específicos de ciertas averías. Por ejemplo, la falta de alta tensión con sonido normal significa ausencia de brillo en la pantalla.

La localización del defecto o avería en una etapa y en un componente determinado requiere generalmente el uso de equipos de prueba tales como el multímetro, el osciloscopio y un generador de señal de barras y puntos. Un simple óhmetro puede indicar que hay un resistor abierto o un condensador cortocircuitado, una vez que la avería se ha localizado en un componente sospechoso.

En todos los casos son importantes las precauciones de seguridad. Además de la alta (muy alta) tensión del tubo de imagen, la tensión de la línea de distribución de energía puede constituir un peligro si hay partes metálicas expuestas. En las siguientes secciones se describen los factores principales que afectan a la seguridad, y se incluyen un repaso de los síntomas y los pasos a seguir en la localización de las averías:

16-1 Seguridad

Cuando se trabaja en un chasis de TV sacado de su caja protectora hay varias causas potenciales de shock o conmoción eléctrica. Primera, la fuente de alta tensión de 10 a 30 kV es un peligro. Esta alta (muy alta, MAT) tensión de c.c. puede causar una conmoción mortal o una fuerte sacudida. Además, la entrada de c.a. al rectificador de alta tensión puede producir una seria quemadura en la piel. No obstante, en lo que se refiere a la seguridad, la fuente de alimentación de alta tensión tiene las ventajas de mala regulación y de limitada corriente de carga a causa de que el rectificador de alta tensión está alimentado desde el circuito de salida horizontal. La salida de c.c. disminuye bruscamente cuando es parcialmente cortocircuitada si se toca el circuito de alta tensión.

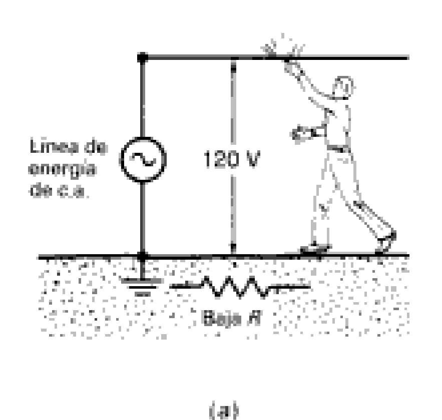
Aunque la fuente de alimentación de baja tensión tiene una tensión c.c. de salida mucho más baja, un rectificador conectado a la línea de distribución de energía puede suministrar una corriente apreciable. Los rectificadores de la tensión de exploración tienen salida limitada a causa de que están alimentados desde el circuito de salida horizontal. En general, usualmente se requieren más de 30 V para producir suficiente corriente a través del cuerpo que pueda causar shock eléctrico.

Existe un riesgo real de shock en cualquier punto (descubierto) expuesto en que haya la tensión de la línea de energía. Un conductor del servicio eléctrico está retornado a tierra en los sistemas o redes de distribución de energía. Si se entra en contacto con el otro conductor, que es el conductor activo, el resultado es una diferencia de potencial de 120 V (o 220 V en redes europeas), como ilustra la figura 16-1. La importancia o gravedad del shock eléctrico depende de la resistencia serie que determina la intensidad de la corriente a través del cuerpo de la persona. La resistencia R puede ser baja cuando la persona está sobre un suelo húmedo de hormigón como en la figura 16-1*a*. El valor más alto de R en la figura 16-1*b* corresponde a una alfombra de caucho sobre suelo seco de madera.

Sin embargo, los objetos que nos rodean pueden ofrecer una baja resistencia a tierra. Ejemplos son los utensilios con cordones y clavijas de tres hilos o conductores, de los cuales el tercero es el de toma de tierra a través del sistema de distribución de energía, cuyo objeto es conectar a tierra la caja o carcasa metálica. Un osciloscopio del banco de trabajo está usualmente conectado a tierra. Tocando la caja y el conductor activo de la línea conectada a la red se recibirá un serio shock. Otros objetos conectados a tierra son los radiadores de calefacción, las tuberías de agua y de aire caliente y los utensilios que están conectados a ellos.

Aislamiento de un transformador de potencia. Una fuente de alimentación que utilice un transformador con los arrollamientos primario y secundario separados provee el aislamiento de la línea de energía, es decir, de la red. Uno de los extremos del secundario puede estar conectado al chasis, pero no debe ser activo con respecto a la red. Esta es una conexión a la masa del chasis, pero no una toma de tierra.

La figura 16-2 ilustra el aislamiento con un transformador de potencia. El primario tiene un terminal conectado a tierra y ambos extremos del secundario medirán 0 V con respecto a tierra. Los 120 V entre los extremos de L_S son resultado de la inducción electromagnética producida por la corriente que circula en L_P, que es independiente de las conexiones de tierra.



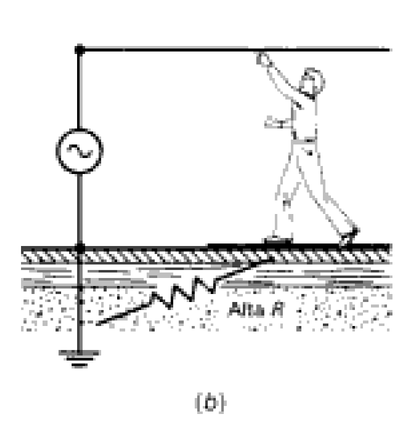


Fig. 16 - 1. El riesgo de conmoción por contacto con el conductor activo de la línea de energía de c.a. depende de la resistencia del retorno a tierra. (a) *Baja resistencia sobre un suelo húmedo.* (b) *Alta resistencia con alfombra aislante y suelo seco.*

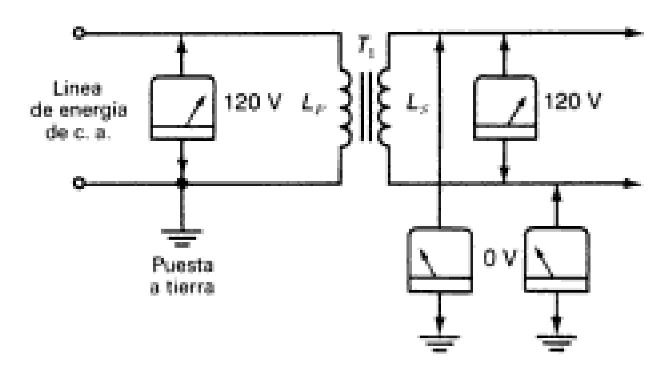


Fig. 16 - 2. El transformador con el arrollamiento secundario separado provee el aislamiento con respecto a la línea de energía de c.a. Los instrumentos de medida en el secundario dan 120 V entre los extremos del arrollamiento L_S*, pero 0 V entre tierra y cualesquiera de los terminales del secundario.*

Los monitores de TV tienen usualmente un transformador de potencia para el aislamiento, por lo que la masa del chasis se puede utilizar como conexión común para los jacks del cable coaxial. El conductor exterior del cable está conectado a masa a través de su clavija, el jack de entrada, y el chasis del monitor. Si no se utilizan transformadores de potencia, se adoptan otras formas de aislamiento para las alimentaciones con cable. Uno de los métodos utiliza el acoplador electroóptico representado en la figura 16-3.

Aunque se supone que el equipo alimentado por transformador es inherentemente seguro, hay que tener presente que el aislamiento entre los arrollamientos primario y secundario está provisto únicamente por una delgada capa de aislante, que usualmente es un papel barnizado. Una perforación de esta delgada capa, causada por arco o por un pinchazo no detectado, puede hacer activo al chasis. Entonces todos los cables conectados al equipo pueden ser causa de shock eléctrico.

Descarga estática. Usualmente se conecta un resistor de 1 o 2 MΩ entre el chasis y su conductor de la red de c.a., con o sin transformador de potencia. Esta resistencia *R* está entre la masa del chasis y tierra a través del conductor neutro o de retorno. La finalidad es absorber la carga estática a través de *R* y tierra. Un ejemplo es el de varios millares de voltios acumulados por la acción de la nieve en una antena exterior. Así los terminales de entrada de antena presentan un camino de c.c. hasta la masa del chasis.

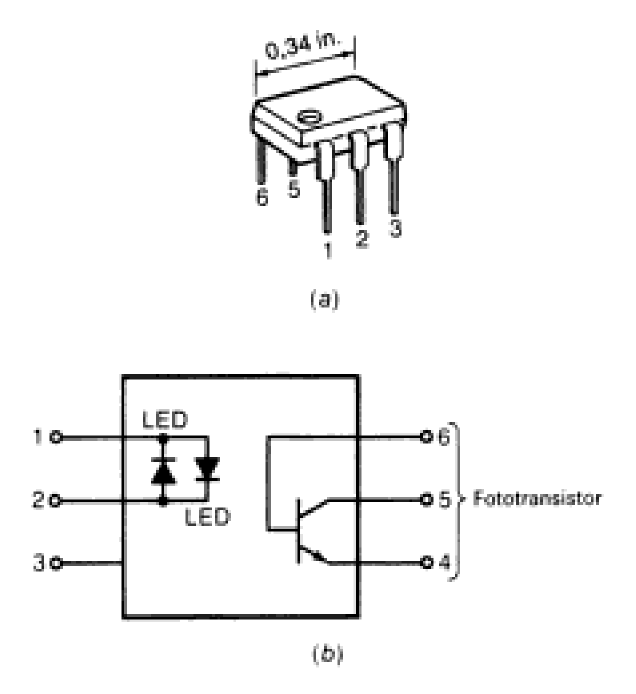


Fig. 16 - 3. Acoplador electroóptico utilizado para el aislamiento del retorno a tierra con conexión de cable coaxial. (a) *Perfil.* (b) *Conexiones de patillas.* (Motorola Semiconductor Products.)

Condensador de desacoplo RF. Se puede conectar un condensador de aproximadamente 0,1 µF entre el chasis y el neutro de la red conectado a tierra. La finalidad de este condensador de desacoplo es evitar que el chasis sea una fuente de interferencia RF. Tal condensador debe tener una especificación especial de tensión. Además, está destinado a evitar cualquier riesgo de incendio en caso de fallo. Es necesario un recambio exacto.

Componentes de características especiales para la seguridad. Es una práctica normal identificar estos componentes especiales sombreándolos en los esquemas, como en la figura 16-4, o marcándolos de alguna otra manera. En ellos están incluidos las redes *RC* y los filtros *LC* para las conexiones de entrada de potencia de c.a. y los componentes de la fuente de alimentación de alta tensión. Sus características especiales se refieren al riesgo de incendio, producción de arco o emisión de rayos X. Cuando sea necesario reemplazarlos hay que utilizar los mismos componentes. *No usar equivalentes.*

Chasis bajo tensión. Algunos receptores de TV no tienen transformador de potencia. Rectifican

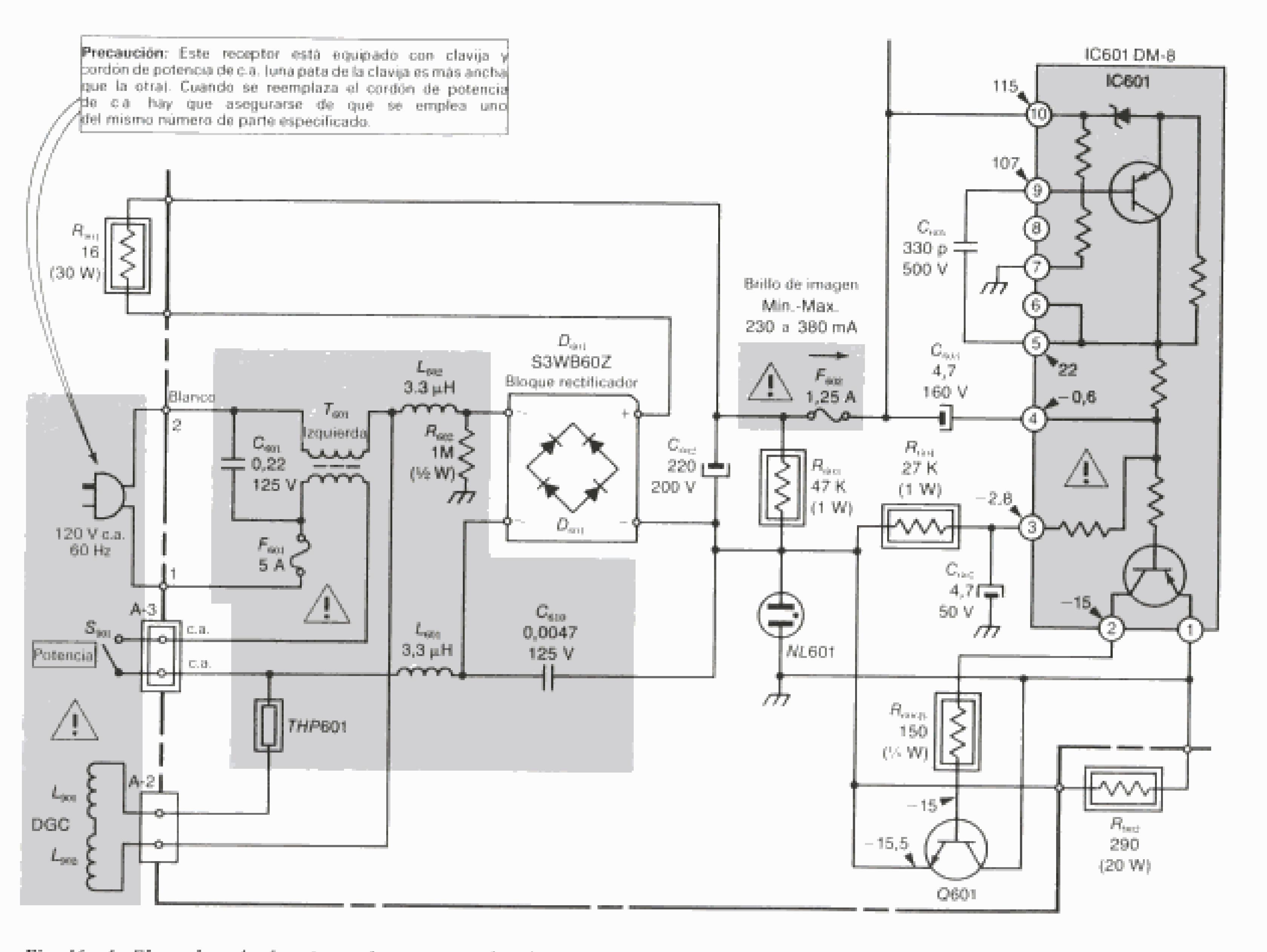
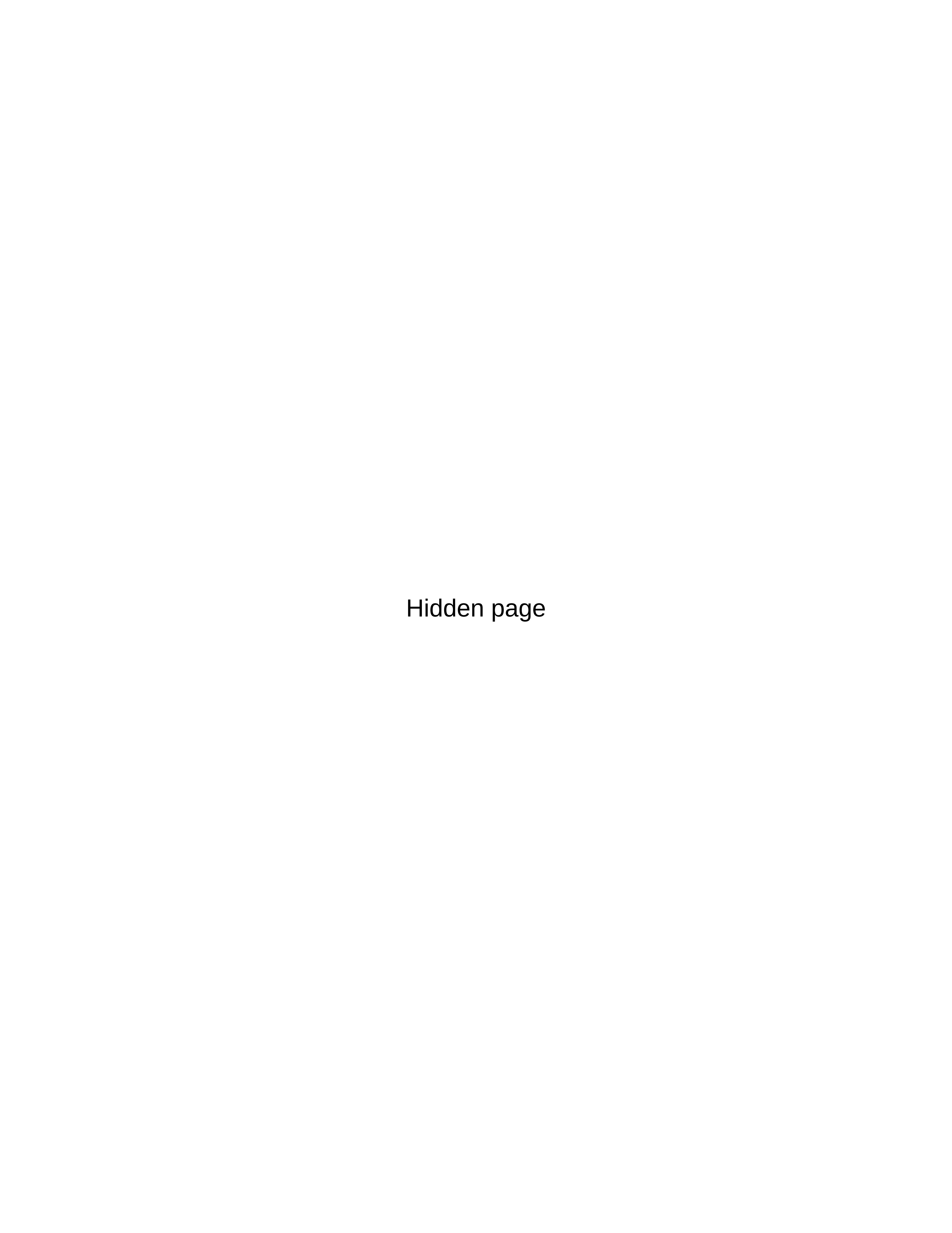


Fig. 16 - 4. El sombreado de gris en el esquema indica los componentes que están relacionados con la seguridad. Se deben utilizar solamente partes exactas de recambio. (De Sony, receptor KV-1207.)


Hidden page

0,5 mA
máximo
A tornillos, partes metálicas expuestas, terminales del sintonizador de antena y jacks de vídeo y audio
Sonda
C_1
0,15 μF
R_1
1,5 kΩ
V
0,75 V ef.
máximo
Toma de tierra

Fig. 16 - 8. Prueba de fuga de c.a. La máxima lectura de tensión entre los extremos de R_1 *es 0,75 V ef.*

mente de 100 pF en serie con ambos conductores de la alimentación de antena. En paralelo con cada *C* hay un resistor de 2 MΩ que proporciona un camino para la carga estática de la antena.

La intensidad de la corriente de fuga de cualquier parte mecánica expuesta a tierra no debe exceder de 0,5 mA eficaces. Por tanto, un voltímetro conectado en paralelo con *R* de 1,5 kΩ debe dar una lectura que no exceda de 0,75 V. Esta tensión es 0,5 mA × 1,5 kΩ = 0,75 V. El voltímetro debe tener una sensibilidad de por lo menos 20 kΩ/V para lecturas de tensión de c.a.

Con esta baja lectura algunos voltímetros de c.a. no son muy exactos. El instrumento de medida debe ser comprobado con otro medidor o fuente de tensión de exactitud conocida.

Preguntas de prueba 16-2
Respuestas al final del capítulo

Para la prueba de fuga de c.a. de la figura 16-8:
a. ¿Cuál es la máxima corriente?
b. ¿Cuál es la máxima tensión?

16-3 Mediciones con instrumentos

Las pruebas básicas necesarias para el servicio se hacen con un multímetro y un osciloscopio. El multímetro mide tensión, corriente y resistencia. El osciloscopio es también un voltímetro, pero además produce un gráfico de la tensión en función del tiempo que representa la forma de onda. Hay que tener en cuenta que los valores de c.c. son más fáciles de medir que los valores de c.a. Excepto para la línea de c.a. de 60 Hz, usualmente es preferible utilizar el voltímetro para tensiones de c.c. y resistencia. El osciloscopio se utiliza para tensiones de señal de c.a.

Volt-ohm-miliamperímetro (VOM). Este instrumento mide voltios, ohmios o miliamperios (fig. 16-9). Es fundamentalmente un medidor de c.c., pero un rectificador incorporado adapta el VOM para leer valores de c.a. de tensión y corriente. Además, una batería interna sirve como fuente de tensión cuando se utiliza el medidor como óhmetro.



Fig. 16 - 9. Volt-ohm-miliamperímetro típico. (Simpson Electric Products.)

Mediciones de alta tensión. A menudo el servicio de TV requiere comprobar la tensión anódica aplicada al tubo de imagen. El sencillo método de provocar el arco en el conector de alta tensión establece la presencia de ésta, pero puede deteriorar a los circuitos de semiconductor. Además, así no se puede saber el valor de esta alta tensión, aunque una regla aproximada es la de que 30 kV pueden producir una chispa de 1 pulgada (25,4 mm) de longitud. Este método se debe evitar en favor de la medición directa. Existen sondas de alta tensión disponibles como accesorios para todos los multímetros prácticamente (fig. 16-10).

La sonda de alta tensión consiste en un resistor multiplicador externo adicional, alojado en una caja grande de plástico. La forma del mango está concebida para evitar el arco a lo largo de la superficie. En un voltímetro con resistencia de entrada normal de 10 MΩ, la sonda de alta tensión tiene un multiplicador serie adicional de 990 MΩ. Así la R total es 1000 MΩ. La división de tensión para el medidor es de 10 MΩ/1000 MΩ = = 1/100. 1 kV en la sonda = 10 V en el medidor. Es decir, una lectura de 100 V del medidor corresponde a 10 kV de la sonda.



Fig. 16 - 11. Medidor de alta tensión. (Pomona Electronics.)

El instrumento de la figura 16-11 tiene un mecanismo de medidor de 50 µA incorporado en el mango de la sonda. Este tipo es de uso obvio. La lectura de plena escala es 40 kV con una resistencia total de 800 MΩ.

Preguntas de prueba 16-3
Respuestas al final del capítulo

a. ¿Cuál tiene la resistencia de entrada más alta como voltímetro de c.c., el VOM o el DMM?
b. ¿La carga del medidor hace que aumente, o hace que disminuya, la lectura de tensión?
c. ¿El multiplicador externo es para la sonda de alta tensión de 990 MΩ, o es para la de 990 Ω?

16-4 Osciloscopios

La tensión de la señal de salida del detector vídeo en un receptor de TV es del orden de 0,5 V p-p o más. El ancho de banda es aproximadamente 4 MHz, con inclusión de 3,58 MHz para croma. Por tanto, el osciloscopio de propósito general es el más adecuado para el servicio de TV (fig. 16-12). Las especificaciones normales para el amplificador vertical del osciloscopio son:

ancho de banda de 10 MHz para respuesta de frecuencia

sensibilidad de 20 mV/cm para la ganancia.

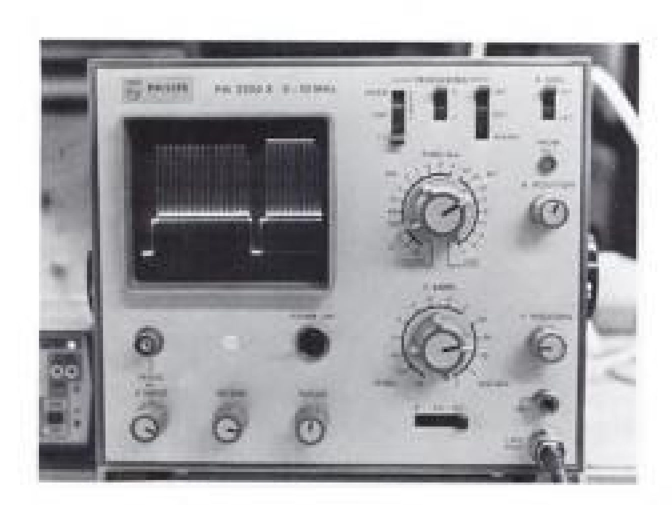


Fig. 16 - 12. Osciloscopio de una sola traza con pantalla de 5 pulgadas (127 mm).

En todas las mediciones se utiliza una sonda de baja capacidad (LCP) 10:1. Este osciloscopio permite la inspección de las formas de onda de tensión en todas las partes del receptor, incluyendo las señales de vídeo, croma, sincronismo y deflexión, excepto en las secciones RF y FI.

Obsérvese que 0,5 V p-p para la señal vídeo más pequeña es probablemente igual a 50 mV. Con una sensibilidad de 20 mV/cm en el amplificador vertical y 10:1 para la división de tensión por la sonda, una señal de 500 mV en la LCP produce una traza de 2,5 cm de altura en la pantalla del osciloscopio.

En el amplificador final de FI se podría utilizar un osciloscopio con ancho de banda de 50 MHz, lo cual daría suficiente señal para una traza. Sin embargo, una sonda de baja capacidad podría causar una desintonía considerable. Una sonda de detector podría producir aún mayor desintonía. Es mejor verificar la sección de RF con un "sintonizador sustituto", que sustituye al sintonizador RF. La sección de FI se puede comprobar por la inyección de señal y medición de la salida del detector vídeo.

Conmutador de TV. Los osciloscopios para servicio de TV están provistos usualmente de un conmutador marcado *V* y *H*, como parte del selector interno de la base de tiempos, para observar cómodamente las formas de onda en un receptor de televisión (fig. 16-12). *V* y *H* indican las frecuencias de exploración de televisión. En la posición *V* de barrido interno, el osciloscopio muestra dos ciclos de señal para los campos verticales, con sincronismo *V* e impulsos de borrado en la señal vídeo compuesta. En la posición *H*, la traza incluye dos ciclos de señal para las líneas de exploración horizontal, con sincronismo *H* y borrado de la señal vídeo compuesta. En el osciloscopio, se utiliza un tipo TV de circuito separador de sincronismo para establecer el disparo definitivo del generador de barrido interno en una frecuencia mitad de las *V* y *H*.

Osciloscopio de doble traza. Con un osciloscopio de doble traza se pueden ver dos señales al mismo tiempo. El osciloscopio tiene dos canales amplificadores verticales, designados usualmente A y B para las dos trazas, pero una sola base de tiempos horizontal (fig. 16-13). Un conmutador electrónico activa cada canal en la frecuencia de conmutación. Este tipo no debe ser considerado como osciloscopio de doble haz, el cual realmente tiene dos cañones electrónicos separados en el TRC.

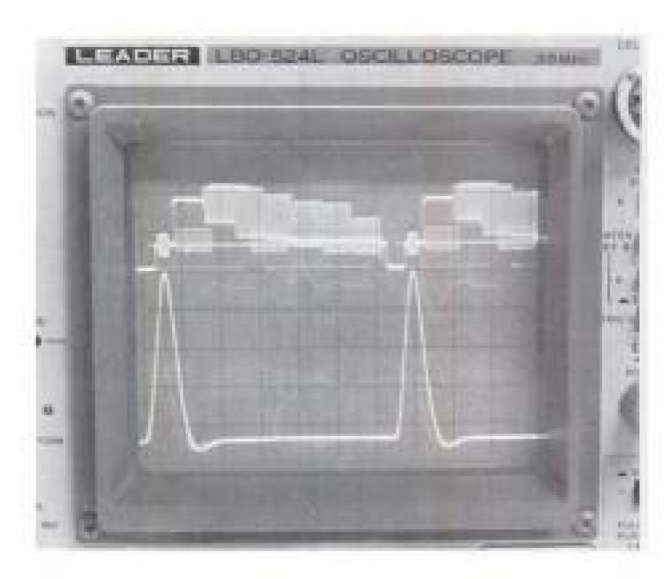


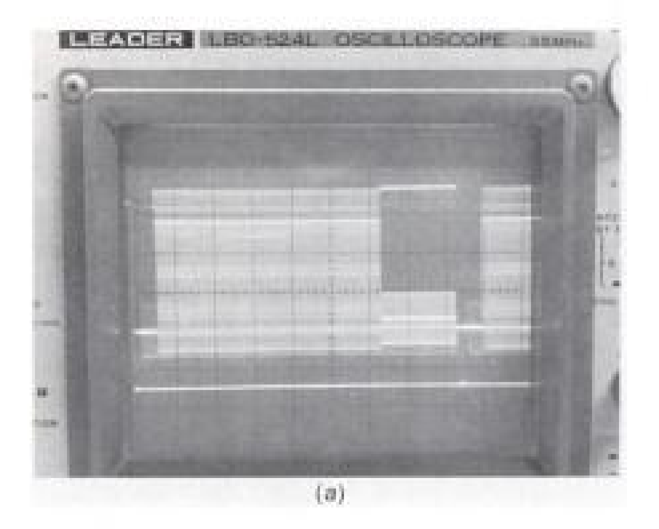
Fig. 16 - 13. Uso del osciloscopio de doble traza. Aquí la señal vídeo detectada que aparece encima de la traza A es comparada con el impulso de manipulación de burst en la traza B para ver si el impulso coincide con la señal de burst.

El osciloscopio de doble traza de la figura 16-13 se utiliza para visualizar una señal vídeo detectada en la traza superior y debajo de ella el impulso de manipulación retardado se utiliza para activar el amplificador de burst en un receptor en color. Se puede ver que el pico del impulso de manipulación ha sido retardado la magnitud correcta para que coincida con la señal de burst. En consecuencia, el burst puede ser separado adecuadamente en el receptor de TV.

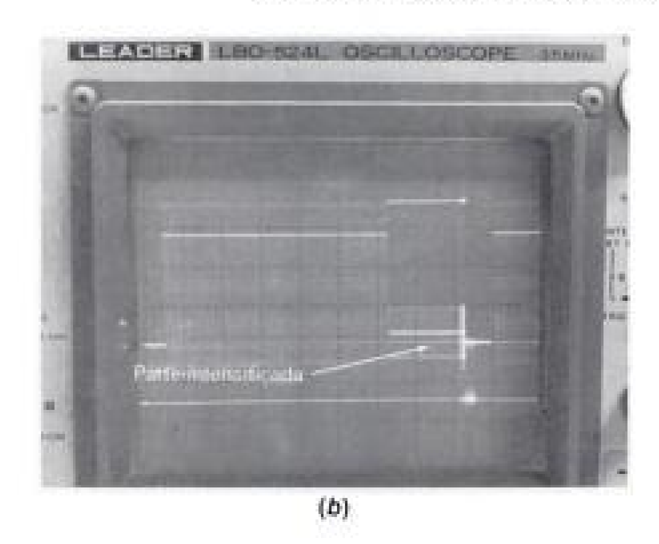
Barrido retardado. Un osciloscopio de barrido retardado tiene dos bases de tiempos para el barrido horizontal interno (fig. 16-14). La base de tiempos principal está designada por A. La base de tiempos B es activada después de un retardo ajustable con respecto al comienzo de la base de tiempos A.

La base de tiempos B tiene un control separado de temporización por lo que se puede hacer que su intervalo de barrido sea mucho más corto que para A. En consecuencia, las partes seleccionadas de la visualización principal pueden ser ampliadas para un análisis más detenido.

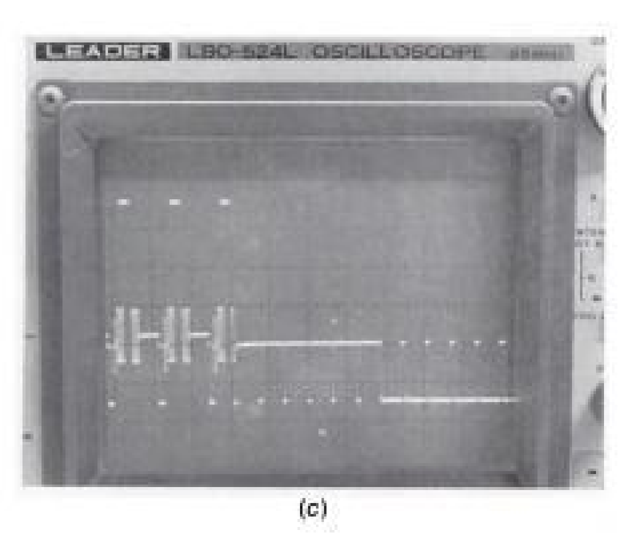
En la figura 16-14*a* se utiliza sólo la base de tiempos A. Está ajustada para mostrar una traza con algo más de un campo vertical de la señal vídeo.



(a)



(b)



(c)

Fig. 16 - 14. Uso de barrido retardado con osciloscopio de doble traza. (a) Una traza sola. (b) Una traza intensificada por la traza B. (c) Traza B sola.

En la figura 16-14*b* ha sido pulsado el botón de A —intensificado— por B. La traza continúa mostrando la base de tiempos A, pero la base de tiempos B aparece con más luminosidad. Este efecto es producido por un impulso de desbloqueo igual a la duración de la base de tiempos B. Acortando la base de tiempos B se estrecha la parte de alta luminosidad de la traza, y ajustando el control de tiempo de retardo se desplaza la zona brillante a la izquierda o a la derecha. Este control es un potenciómetro de 10 espiras que ajusta el comienzo del tiempo B, adelantándolo o retrasándolo con respecto al comienzo del tiempo A. En este ejemplo, los controles de retardo de B y de la base de tiempos se han ajustado para iluminar el plano anterior del impulso de borrado vertical en la traza que muestra la señal vídeo compuesta.

Finalmente, en la figura 16-14*c*, ha sido oprimido el botón de la traza B para mostrar la propia traza B. Esta traza muestra el extremo del campo de exploración 1, con media línea de la señal vídeo, seguida por seis impulsos ecualizadores y el impulso almenado del sincronismo vertical. El barrido retrasado es especialmente útil para la reparación o servicio de los grabadores de videocassette cuando es necesario un ajuste preciso en la conmutación de la cabeza de vídeo con respecto al sincronismo vertical.

Sintonizador sustituto. Es prácticamente imposible utilizar un osciloscopio para verificar el sintonizador RF a causa de las altas frecuencias y del bajo nivel de señal. Se recurre al uso de un sintonizador de RF sustituto como el de la figura 16-15.



Fig. 16 - 15. Sintonizador sustituto. La anchura es de 8 pulgadas (203,2 mm).

Esta unidad consiste en un pequeño sintonizador independiente para los canales VHF y UHF, con su propia fuente interna de alimentación y un control de ganancia. La señal FI de salida es provista por un tipo RCA de jack fonográfico, como en la mayoría de sintonizadores para receptores. El cable de FI del receptor puede ser enchufado en el sintonizador sustituto. Si se obtienen imágenes normales solamente con éste, entonces se puede inferir que la sección FI del receptor está normal y la que está defectuosa debe ser la sección del sintonizador del receptor.

Preguntas de prueba 16-4
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Para el servicio de TV se debe utilizar un osciloscopio con ancho de banda de 50 MHz.
b. El conmutador de TV de un osciloscopio se puede ajustar para dos ciclos de señal video, en cualquiera de las frecuencias de exploración *V* o *H*.
c. Un osciloscopio de doble traza tiene un TRC con dos cañones electrónicos.
d. Un osciloscopio de barrido retrasado utiliza dos bases de tiempos internas.
e. Un sintonizador sustituto produce la señal FI de salida.

16-5 Generadores de barras de color

Las barras de color se utilizan en los ajustes en los circuitos de color de los receptores de TV y grabadores de videocinta. Casi todos estos generadores también producen una imagen de prueba de puntos y de cuadrícula o barras cruzadas en blanco y negro. Estas imágenes se utilizan en los ajustes de convergencia de los tubos de imagen en color, como se explica en el capítulo 5. Además, las barras igualmente espaciadas en la imagen de barras cruzadas son cómodas para la comprobación de linealidad de las exploraciones vertical y horizontal.

Generador de barras de color NTSC. La salida de este generador de señal es la prescrita por la norma de EIA RS-189A adoptada en EE.UU. por la National Television System Committee. Algunas de las características principales son las siguientes:

1. Hay barras de color para los colores primarios (rojo, verde y azul) con sus colores complementarios (amarillo, ciano y magenta).
2. Las barras de color tienen la amplitud estándar de 75 unidades IRE.
3. Hay una señal de luminancia estándar de 100 unidades IRE.

En el capítulo 9, "Señales vídeo de prueba", se describe el aspecto del formato estándar que aparece en la pantalla y otras características.

Las barras de color estándar NTSC son necesarias para el ajuste correcto de los grabadores de videocassette, ya que debe ser establecida la relación correcta entre las señales de crominancia y de luminancia. El generador NTSC de la figura 16-16 suministra las señales de prueba adicionales, incluyendo la señal de ventana para la lumi-

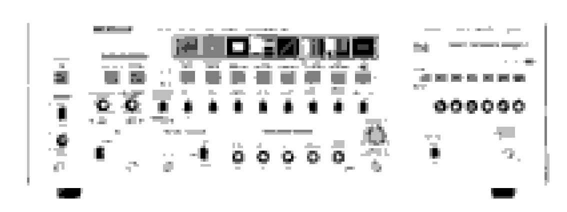


Fig. 16-16. Ejemplo de generador de barras de color NTSC. Altura 4 ¾ pulgadas (120,6 mm). (Leader Instruments Corp.)

TABLA 16-1
BARRAS DE COLOR EN CARACTERÍSTICA DE ARCO IRIS CONTROLADA

ÁNGULO*	BARRA	MATIZ	NOTAS
0°	Ninguna	Amarillo-verde	Utilizada como señal de burst. La barra es borrada.
30°	1	Amarillo-naranja	Primera barra a la izquierda
60°	2	Naranja	Fase de I
90°	3	Rojo	Fase de $R-Y$
120°	4	Magenta	Fase de $-(G-Y)$
150°	5	Rojo-azul	Fase de Q
180°	6	Azul	Fase de $B-Y$
210°	7	Verde-azul	Complemento de la primera barra
240°	8	Ciano	Fase de $-I$
270°	9	Azul-verde	Fase de $-(R-Y)$
300°	10	Verde	Fase de $G-Y$
330°	Ninguna	Amarillo-verde	Fase de $-Q$. Barra borrada. Intervalo de sincronismo H

* Los ángulos de fase son en sentido de las agujas del reloj desde el burst.

dicadas en el diagrama vectorial de la figura 16-20. Aunque la primera barra no es visible, se la utiliza como burst de color en el receptor de TV. Si contamos en el sentido de las agujas del reloj intervalos o pasos de 30°, la tercera barra visible tiene la fase de la señal $+(R - Y)$. Se cuentan tres barras más hasta la sexta barra visible para la señal $+(B - Y)$. La novena barra es $-(R - Y)$. Además, $G - Y$ se aproxima bastante al ángulo de fase de la décima barra. Todas las barras y sus ángulos de fase están indicadas en la tabla 16-1.

Preguntas de prueba 16-5
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. El generador de barras de color NTSC produce valores estándar de croma y luminancia.
b. Las fases de los matices de las barras de color de la característica de arco iris controlada difieren 90°.
c. En la figura 16-20, la tercera barra de color es $R - Y$.

16-6 Aplicaciones de la señal de arco iris controlada

Se puede utilizar esta señal de las siguientes maneras:

1. Para el seguimiento de la señal en los circuitos de color.
2. Como verificación visual del matiz o tinte correcto.
3. Para verificar el margen de control del tinte.
4. Para verificar los matices de la salida del demodulador de color.

Además, la señal de luminancia de bajo nivel de las barras negras producen puntas o picos de tensión que se pueden utilizar para verificar el retardo de la luminancia con respecto a la crominancia. El generador de señal proporciona la salida RF modulada, en el canal 3 o en el 4, que debe ser conectada a los terminales de antena del receptor de TV o señal vídeo.

Margen del control de tinte. Se puede juzgar el margen observando cómo se puede desplazar o cambiar el matiz de una barra en particular. Por ejemplo, la cuarta barra debe ser magenta. Si se puede desplazar este matiz una barra a la izquierda y una barra a la derecha girando el control de tinte, es que el margen es de ±30°. El margen necesario suele estar especificado en las notas de servicio.

Verificación de los demoduladores de color. Estas pruebas son útiles para ajustar el tinte o la fase principal y el desplazamiento de fase de los demoduladores no alimentados directamente por el oscilador de subportadora. El método está ilus-

un receptor esté inerte puede ser una avería en las etapas de salida horizontal, excitador y oscilador.

Algunas observaciones básicas pueden ayudar a localizar el problema. Primero, cuando se conecta un receptor en color partiendo de su estado en frío, las bobinas de desmagnetización automática son activadas durante una fracción de segundo. Se puede oír un ruido mecánico transitorio causado por las partes de acero del receptor que vibran en el fuerte campo magnético de c.a. producido por la bobina de desmagnetización. Este sonido nos dice que el cordón de línea, el interruptor, el filtro de línea RF y los fusibles o disyuntores de circuito están todos intactos en el circuito de entrada de potencia c.a. En un receptor con indicador luminoso del número de canal, esto lo mostrará el encendido del indicador. Si no se oye el sonido de vibración y no se enciende la lámpara indicadora, habrá que probar el circuito de entrada de c.a.

El siguiente sonido que se debe notar es un ligero ruido de susurro causado por la alta tensión que se establece en el tubo de imagen. Este efecto está causado por la sobretensión en el tubo de imagen y en los componentes aislantes. El sonido puede ser débil y no ser detectado, pero se oye comúnmente en los receptores de color de pantalla grande que utilizan 25 a 30 kV para la tensión del ánodo. Otro efecto de la alta tensión que se puede sentir es la erección de los pelos de la mano cuando se aproxima ésta a la pantalla. Cualquiera de estos efectos es un indicador rápido de alta tensión, aunque no se vea una imagen.

La presencia de alta tensión significa que la fuente principal de alta tensión está funcionando para los circuitos de deflexión horizontal que producen la alta tensión de retorno. Entonces la pérdida de trama y de sonido puede ser un problema que afecta a la señal audio y a las tensiones auxiliares de c.c. dentro del tubo de imagen. Habrá que verificar las alimentaciones de la tensión de exploración.

Sistema de arranque instantáneo. En muchos casos, la tensión de c.c. de alimentación del circuito excitador del oscilador horizontal se deriva de un rectificador de la exploración en el circuito de salida horizontal. Este es un sistema de bucle cerrado, ya que el oscilador no puede funcionar sin la tensión de exploración, la cual necesita el oscilador para la excitación horizontal. Sin embargo, el circuito utiliza un condensador para el arranque rápido, marcado C_1 en la figura 16-23.

Fuente de alimentación de sustitución. La reparación de los sistemas de arranque instantáneo puede resultar complicada a causa de la realimentación en el circuito de deflexión horizontal. Además, muchos receptores utilizan reguladores del modo de conmutación en la fuente de alimentación principal. La activación de la conmutación también se deriva del sistema de deflexión horizontal. Para

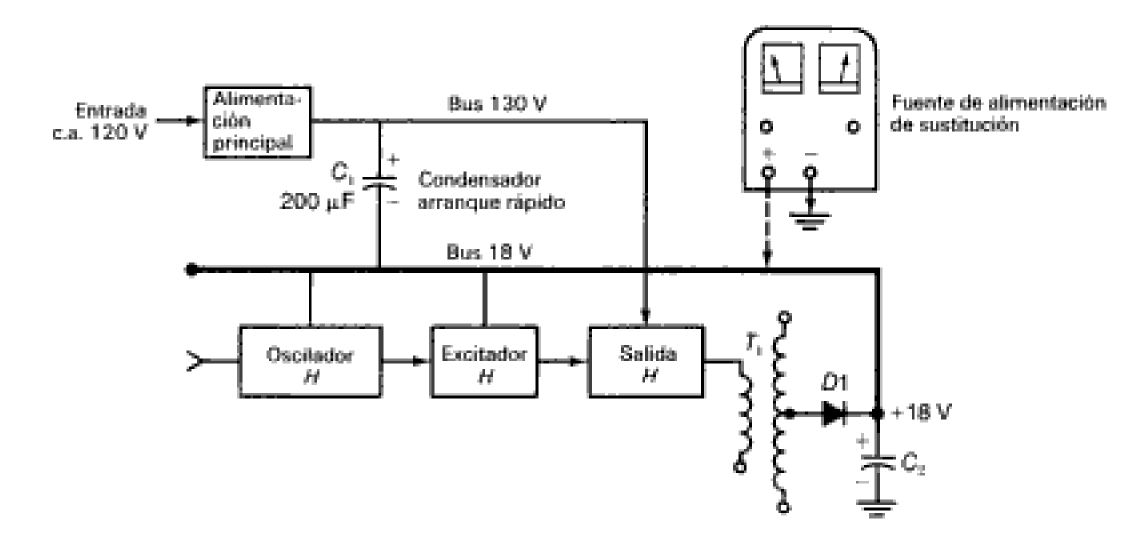


Fig. 16 - 23. Fuente de alimentación de sustitución para sistemas rápidos o instantáneos de localización de averías.

evitar estos problemas de bucle cerrado, suele ser ventajoso verificar el oscilador horizontal y los circuitos de excitación utilizando una fuente de baja tensión aplicada externamente desde una fuente de alimentación del tipo de banco de trabajo. La figura 16-23 muestra tal fuente de alimentación aplicada al bus de 18 V para el oscilador horizontal y las etapas de excitador. Un bus es una línea común a dos o más conexiones. El receptor funciona en "frío", sin aplicación de potencia excepto la tensión del suministro sustituido. Esta técnica puede ser utilizada con transistores y circuitos integrados porque no hay calefactores que tengan que calentarse, como en los tubos de vacío. La fuente de alimentación para esta prueba debe ser capaz de suministrar de 12 a 30 V, con corriente de hasta 2 A.

La tensión c.c. de alimentación es demasiado baja. El primer síntoma de salida baja de la fuente de alimentación principal es la insuficiente deflexión tanto vertical como horizontal. Aparecen alrededor de la trama bordes negros, como en la figura 16-24, a causa del pequeño tamaño de la trama de exploración.

Generalmente los receptores utilizan un regulador en la fuente de alimentación principal para ajustar la tensión c.c. de alimentación en el valor que permita llenar la pantalla con la imagen y sin mucha sobreexploración. Sin embargo, un regulador defectuoso o un mal ajuste puede dar por resultado una trama pequeña.



Fig. 16 - 24. Trama e imagen pequeñas a causa de ser bajo el valor de la tensión c.c. de alimentación.

Preguntas de prueba 16-7
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. El defecto en la figura 16-24 podría ser debido a una baja salida de la fuente de alimentación principal.
b. La ausencia de salida horizontal puede suprimir el sonido.
c. El condensador para arranque instantáneo de la figura 16-23 es necesario para que funcione la fuente de alimentación de sustitución del tipo de banco de trabajo.
d. Un receptor con corriente en las bobinas ADG tiene entrada de potencia de c.a.

16-8 Ondulación en la fuente de alimentación

Insuficiente filtrado en la salida c.c. de la fuente de alimentación principal puede causar interferencia en la imagen. En la figura 16-25 están ilustrados los efectos típicos.

Barras de zumbido. Cuando la señal vídeo que excita al tubo de imagen es modulada por ondulación o rizado, aparecen barras horizontales en la imagen. Con una ondulación de 60 Hz del rectificador de media onda se produce una barra, como en la figura 16-25*a*. La mayoría de receptores tienen rectificadores de media onda que producen ondulación residual de 120 Hz. Esta interferencia produce dos barras de zumbido, como en la figura 16-25*b*.

Cuando las barras horizontales de zumbido se desplazan lentamente hacia arriba en la imagen, cambian entre oscuras y luminosas. El deslizamiento es debido a que la frecuencia de la red es 60 Hz mientras la frecuencia de exploración vertical de la televisión en color es 59,94 Hz.

Curvatura de zumbido. Cuando el sincronismo o la deflexión horizontal son modulados por ondulación, la imagen tiene curvaturas, u ondulaciones, que aparecen en las bandas horizontales transversalmente en la pantalla, como muestra la figura 16-25*c*. La ondulación también se desliza lentamente hacia arriba.

Radiación de transitorios de los diodos rectificadores. Un problema común que presentan las fuentes de alimentación a diodos de silicio es la radiación de armónicos de orden muy elevado de la fre-

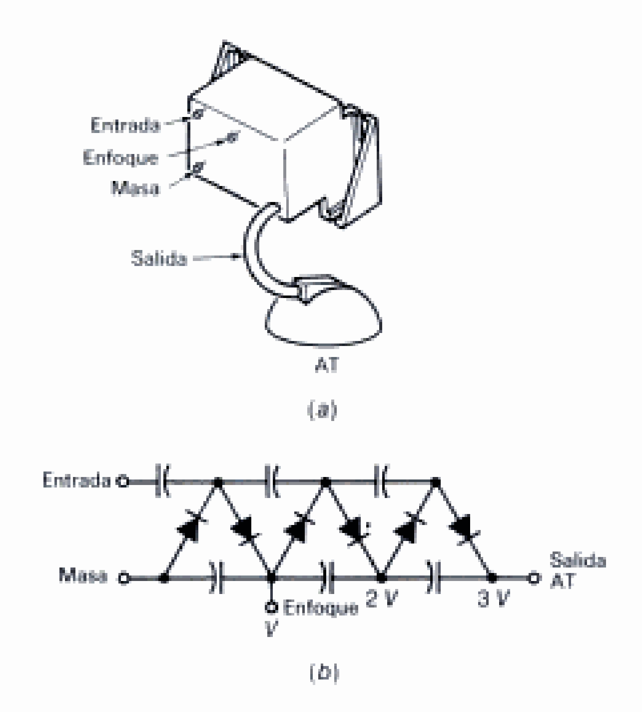


Fig. 16 - 26. Unidad triplicadora de tensión para rectificador de alta tensión. Anchura 3 pulgadas (76,2 mm). (General Instruments.)

mos considerar que el potencial de ánodo produce un efecto de rigidez sobre el haz electrónico.

Mala regulación de la alta tensión. Este problema se manifiesta como una caída de la tensión anódica cuando aumenta la corriente del haz. Así, cuando se avanza el control de brillo, la imagen aumenta de tamaño mientras el enfoque se empeora. Este efecto es lo que se llama *florescencia*. La causa suele ser un condensador defectuoso en el circuito de retorno horizontal. Generalmente el circuito de salida horizontal está sintonizado en un armónico de la frecuencia de exploración horizontal para la máxima eficiencia. Una variación de los componentes de sintonía puede afectar el ángulo de conducción del rectificador de alta tensión, siendo causa de disminución de la corriente media de salida.

Claves para la localización de averías de la AT. Muy a menudo el problema se puede localizar si el usuario puede describir los síntomas cuando ocurre el fallo. Si la imagen aparece empañada antes de que la pantalla se ennegrezca, la avería está probablemente en el bloque rectificador. La razón de la florescencia temporal es que la capacidad anódica del tubo de imagen mantiene alguna alta tensión durante un corto tiempo.

Si la trama desaparece presentando una sola línea vertical instantáneamente antes de que se ennegrezca la pantalla, el defecto está probablemente en los circuitos de deflexión horizontal y de retorno. En este caso, la alta tensión almacenada en la capacidad de ánodo del tubo de imagen permite ver durante un tiempo suficiente el defecto real de ausencia de deflexión *H* antes de que la pantalla se ennegrezca.

Preguntas de prueba 16-9
Respuestas al final del capítulo

a. Si el potencial de ánodo disminuye algunos kilovoltios, ¿aumentará, o disminuirá la trama?
b. Un tubo de imagen gasificado, ¿puede hacer que la tensión de ánodo sea demasiado alta, o que sea demasiado baja?
c. La florescencia en la imagen, ¿indica mala regulación de AT, o excesiva tensión anódica?
d. El conductor con pinzas para la conexión a masa, ¿debe ser conectado antes, o después, para descargar la alta tensión?
e. La imagen presenta una delgada línea vertical antes de que la pantalla se ennegrezca, ¿está la avería en el oscilador horizontal, o en el apilamiento de rectificadores de AT?

16-10 Circuitos limitadores de la alta tensión

Para cumplir las disposiciones del Departamento de la Salud, Educación y Bienestar en USA (HEW), los receptores de televisión que funcionan con tensión anódica del tubo de imagen superior a 15 kV deben estar protegidos contra fallos del circuito que puedan elevar la alta tensión a valores que originen la emisión de rayos X. Un ejemplo es un regulador de paso en serie cortocircuitado en la fuente de alimentación principal. Este fallo puede aumentar la tensión c.c. de alimentación de la etapa de salida, produciendo una alta tensión excesiva. El certificado de autorización del equipo requiere hacer las pruebas de fallos simulados cuando la línea de c.c. es de 130 V eficaces y todos los controles están ajustados para la máxima radiación.

Para el cumplimiento de todas las disposiciones del HEW, debe ser suprimida la alta tensión, o debe hacerse ininteligible la imagen mientras

persista la avería. Con este propósito se utilizan circuitos limitadores automáticos. El circuito debe detectar un aumento anormal de la alta tensión y luego reducir la tensión o bien inutilizar la imagen para que el usuario desconecte el receptor. Los métodos comunes inhabilitan el oscilador horizontal o bien aumentan su frecuencia considerablemente. Esto produce dos resultados: suprime la imagen y la alta tensión o bien producen una condición de desincronización que también limita la alta tensión.

La figura 16-27 ilustra un circuito básico para limitar la alta tensión. La limitación automática se realiza realmente con baja tensión, a través de una de las fuentes de alimentación del rectificador de exploración en el circuito de salida horizontal. Obsérvese que $D2$ alimenta 18 V a través de C_4 al bus de 18 V. Esta tensión positiva es aplicada al cátodo del diodo zener $D1$, en serie con R_3, al electrodo de puerta del SCR. Recuérdese que un diodo zener trabaja con tensión inversa, que es positiva en el cátodo. Normalmente, $D1$ no conduce. Entonces la puerta del SCR está a un potencial inferior al de ruptura del SCR. Sin embargo, si aumenta el potencial de la línea de 18 V, a causa de que la salida horizontal aumenta, $D1$ puede conducir y hacer positiva a la puerta del SCR. Entonces se activa el SCR y conduce corriente directa. Es aplicada la tensión anódica al SCR a través de R_1 desde la fuente de 120 V. El SCR en conducción tiene muy baja resistencia y cortocircuita prácticamente la excitación horizontal de la etapa de oscilador. Después de disparado, el SCR se mantiene en conducción para inhibir la deflexión horizontal y la alta tensión. La única manera de detener la conducción del SCR es suprimir la tensión de ánodo desenchufando el receptor.

Para la limitación automática se emplean varios sistemas diferentes. Sin embargo, téngase en cuenta que el propio circuito limitador puede ser causa de la pérdida de la alta tensión. Por esta razón puede ser necesario inhabilitar el circuito limitador cuando se localiza una falta de alta tensión. Por ejemplo, en el circuito de la figura 16-27 se suprime el SCR.

Todos los circuitos limitadores deben ser reemplazados y verificados siguiendo las especificaciones del fabricante. De otra manera, hay riesgo de que el receptor emita rayos X.

Preguntas de prueba 16-10
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso para la figura 16-27.

a. El transformador T_1 es el de salida horizontal.
b. Normalmente el SCR está bloqueado.
c. La conducción del SCR suprime la alta tensión.

16-11 Servicio del VCR

Los instrumentos de prueba para el grabador de videocassette son similares a los utilizados en el servicio de TV. Los requisitos de ancho de banda y de sensibilidad del osciloscopio son los mismos. Sin embargo, para la verificación de conmutación de las cabezas es especialmente útil el osciloscopio de doble traza con barrido retardado. Una adición es un contador digital de frecuencia. Habrá que verificar el período de $T = 1/f$. Esta característica sirve para determinar la frecuencia exacta de funcionamiento libre del tambor giratorio explorador y de los motores de cabrestante. (El funcionamiento de los grabadores de videocassette se explica en el capítulo 10.)

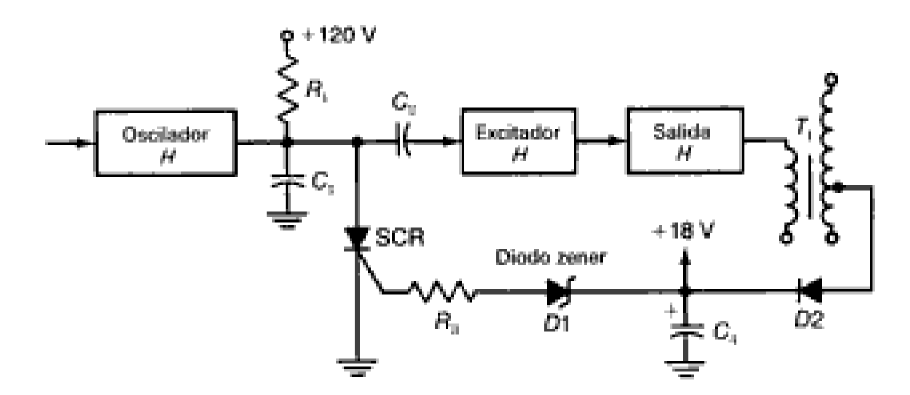


Fig. 16-27. El circuito limitador suprime la excitación horizontal si la alta tensión de retorno sube por encima del límite.

Dispositivos mecánicos. El VCR es una máquina de precisión. Por tanto, el fabricante proporciona varios dispositivos de precisión para las verificaciones y ajustes mecánicos especiales. La figura 16-28 muestra un equipo típico. Los dispositivos proveen referencias de la altura del soporte del carrete y de las posiciones de los pilares de guía móviles, tales como el de guía retrotractora de la cinta. La altura del soporte o platina del carrete es crítica porque los carretes deben estar elevados dentro de la cassette, separados de la base. Además, la altura a la que sale la cinta de la cassette afecta a la precisión de la trayectoria de la cinta.

Cinta de alineación. En el equipo de prueba hay una cassette de alineación. Esta cassette es esencial en el servicio del VCR. Contiene varias grabaciones de vídeo y de audio que permiten hacer ajustes correctos para lo siguiente:

Conmutación de las cabezas de vídeo (es un ajuste importante que permite el cambio de las cintas entre las máquinas)
Nivel de la reproducción de vídeo
Croma de la reproducción

Además, una señal registrada del barrido de vídeo permite los ajustes de la respuesta de frecuencia del preamplificador de reproducción.

Es de particular importancia el ajuste de los condensadores trimer en la entrada al preamplificador. Estos condensadores resuenan con la inductancia de la cabeza de vídeo en el extremo de alta frecuencia de la banda de la señal FM de luminancia. Toda sustitución de una cabeza de vídeo requiere la alineación del preamplificador utilizando la señal vídeo de barrido. Además, el ajuste de la conmutación de las cabezas de vídeo se efectúa utilizando un monoscopio o una señal de prueba del tipo de escalera.



Fig. 16-28. Dispositivos mecánicos utilizados en el mantenimiento de las máquinas VCR.

Las cassettes de alineación deben ser almacenadas en sitio frío y seco. Sólo se deben utilizar cuando sea estrictamente necesario porque sus características se deterioran ligeramente en cada pasada.

Es una buena idea tener por lo menos disponible una cassette de servicio, que sólo se utiliza con máquinas que se sepa que no deterioran la cinta.

Hay que tener presente que las cintas de alineación están grabadas y que mantienen especificaciones precisas mecánicas y eléctricas. No tiene sentido confiar en la precisión de una cinta de alineación que haya sido copiada, ya que los defectos de la máquina utilizada para la copia pueden ser transferidos a la cinta duplicada.

Averías del control del sistema. El control del sistema toma las decisiones que gobiernan los modos de enhebrado y funcionamiento de la cinta. Se utiliza un microprocesador digital. Las técnicas de ordenador permiten que el usuario elija entre los modos de funcionamiento sin pasar por la posición de parada, lo cual era necesario en las máquinas primitivas.

El microprocesador es usualmente una unidad enchufable de 40 patillas. La localización de averías es principalmente cuestión de verificación de las entradas de señal y de las salidas de control. Las entradas al sistema incluyen los botones pulsadores del operador, el interruptor de introducción de cassette que detecta la presencia de cassette cargada en la máquina y de los microconmutadores que detectan cuándo se completan los ciclos de enhebrado y desenhebrado de la cinta. Además, los sensores detectan el final de la cinta para disparar automáticamente los ciclos de parada y rebobinado. Estos sensores utilizan una guía de hoja magnética sobre la cinta para las máquinas Betamax o una guía transparente en la cinta VHS. La guía transparente es detectada por medio de una fuente de luz y un fototransistor en los lados de emisión y de recepción de la cassette.

Otros sensores detectan las condiciones que pueden causar deterioro de la cinta y disparar la parada automática. Un ejemplo es el fallo del carrete receptor en el almacenamiento de la cinta. Esta avería puede conducir a que la máquina se bobine con cinta suelta, lo cual es muy desagradable. Algunas máquinas detectan cuándo está suel-

ta la cinta por sensores de microinterruptor que indican cualquier flojedad en la trayectoria o camino de la cinta. Otras utilizan sensores que detectan la rotación del carrete receptor.

Otra causa de deterioro de la cinta es la condición de humedad en la superficie del tambor explorador de vídeo. La humedad hace que aumente la fricción entre el tambor y la cinta hasta el punto de que realmente puede ser causa de que se atranque el tambor. Para detectar esta condición se emplean dos sistemas: en uno de ellos se utiliza el detector de humedad que dispara la parada automática si ocurre la condensación. En el segundo método, se genera por el tambor giratorio una señal que conmuta la cabeza. La pérdida de esta señal, una onda cuadrada de 30 Hz, dispara una parada automática. En ambos sistemas hay que verificar todos estos sensores cuando se está localizando la avería.

Verificaciones de grabación y reproducción. El VCR tiene circuitos separados para la grabación y la reproducción. Por tanto, una máquina que produce síntomas anormales de reproducción de su propia grabación, pero reproduce normalmente una cinta pregrabada, tendrá averiado su sistema de grabación. También, una máquina que reproduce anormalmente todas las cintas, pero cuyas grabaciones se reproducen normalmente en otras máquinas, estará averiada en su sistema de reproducción.

En general, el VCR reproduce mejor sus propias grabaciones. La razón es que todos los pequeños errores en la trayectoria de la cinta se cancelan en la reproducción y la grabación. El intercambio de cintas entre máquinas requiere un mínimo absoluto de error en la trayectoria de la cinta. El modelo para los ajustes debe ser la cinta de alineación del fabricante y no ningún otro. Cualquier alineación mecánica debe ser evitada a no ser que se haya determinado un deterioro mecánico o que se piense que es la causa del problema.

Los VCR se alinean utilizando la cinta de alineación y monitorando la envolvente de FM producida por los preamplificadores. La figura 16-29 es un oscilograma normal. Hay que ajustar para que la señal tenga la máxima amplitud y uniformidad en cada pasada ante la cabeza de vídeo. En el ajuste hay dos factores críticos:

1. Posición de los pilares de guía de entrada y salida.
2. Posición del apilamiento de la cabeza de audio y de control a lo largo de la trayectoria de la cinta entre el tambor explorador y el cabrestante.

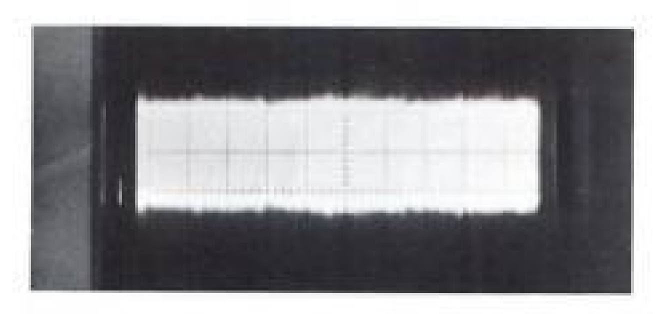


Fig. 16 - 29. Envolvente RF de la señal de FM reproducida con una máquina VHS. El seguimiento es correcto cuando la señal tiene la máxima amplitud y es uniforme en cada pasada ante la cabeza vídeo.

Averías en los circuitos de color. El VCR no codifica ni decodifica el color. Simplemente heterodina las frecuencias de la señal de color desde aproximadamente 3,58 MHz hasta 629 kHz en el VHS y 688 kHz en el Betamax. El propósito es desplazar las frecuencias de color fuera de las frecuencias utilizadas en la grabación de la señal de luminancia de FM. En la reproducción, las frecuencias de color son vueltas a heterodinar en sentido ascendente hasta sus valores originales de 3,58 MHz aproximadamente. Para la localización de averías se utiliza un procedimiento que consiste esencialmente en seguir la señal de croma a través de los circuitos de procesado. En cada convertidor heterodino se deben verificar las dos señales de entrada necesarias para producir la señal diferencia.

Averías en el servosistema. Hay dos sistemas servo; uno regula la velocidad y la temporización del tambor explorador de las cabezas vídeo; el otro regula la velocidad y la temporización del motor del cabrestrante.

Errores grandes de la velocidad del tambor son causa de que cambie drásticamente la velocidad de sincronismo en la reproducción. Entonces la imagen reproducida se fragmenta en segmentos diagonales y aparece como una imagen de TV con un error grande en la frecuencia horizontal (fig. 13-10*a*).

Pequeños errores de la velocidad del tambor producen bandas de ruido, llamadas *ruido de mal seguimiento*, y la imagen se desplaza verticalmente subiendo y bajando. También se desplaza el punto de conmutación de las cabezas.

Los errores de velocidad del servo del cabrestante se pueden detectar por el tono de la señal de audio así como por los efectos en la imagen. El

efecto visual es una aparición rítmica de ruido en la imagen o bandas de ruido que suben y bajan. La causa es que las cabezas de vídeo no siguen sus pistas correctas. Cualquiera de las cabezas puede cruzar las pistas de otra cabeza vídeo.

Una clave para solucionar los problemas del servosistema es la comparación de temporización de cada servosistema. El circuito de control es casi siempre una puerta de muestreo y retención. En este circuito, es muestreada una rampa de tensión por una señal de impulso. Por ejemplo, en el servosistema del explorador es muestreada la rampa por un impulso de realimentación generado en el explorador para indicar el comienzo de la pasada ante la cabeza vídeo de referencia. Ambas señales —la rampa y el impulso de muestreo— deben estar presentes en la puerta de muestreo y retención para que funcione el sistema. Por ejemplo, la forma de onda del oscilograma de la figura 16-30 muestra el impulso de muestreo situado en el centro de la rampa. Esta posición indica que la temporización está en el centro del margen de control. Si están presentes las rampas y el impulso de muestreo, pero el servosistema no se sincroniza, el impulso se desplazará en la rampa continuamente. El defecto debe estar después de la puerta de muestreo y retención, en el circuito que controla la corriente del inducido del motor; o bien el propio motor puede estar defectuoso.

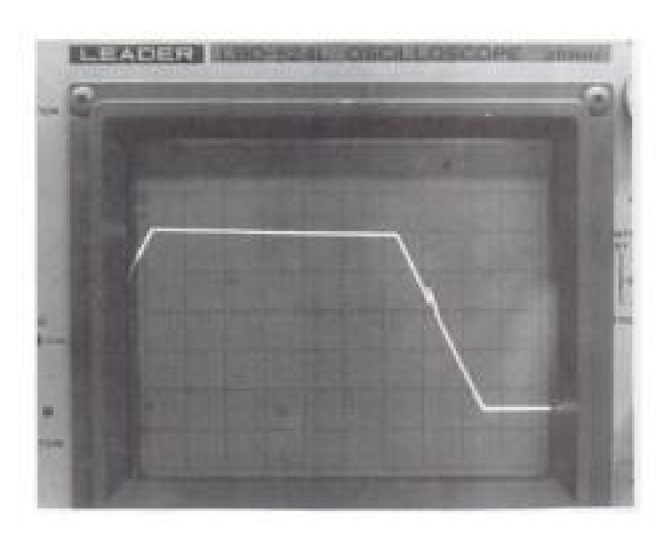


Fig. 16 - 30. La fotografía de la forma de onda del osciloscopio muestra que la puerta de muestreo y mantenimiento es un elemento clave para la determinación del fallo del servosistema.

Preguntas de prueba 16-11
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. Una manera de obtener económicamente una buena cinta de alineación es copiar la original del fabricante.
b. La forma de onda de la figura 16-30 se utiliza para verificar la puerta de muestreo y retención.
c. Un error grande en la velocidad de giro del tambor explorador hace que la imagen aparezca como si no tuviese sincronismo horizontal.
d. La excesiva humedad puede disparar la parada automática en un VCR.

16-12 Servicio de las cámaras de vídeo

Para el servicio o reparación de una cámara de vídeo son necesarios una imagen de prueba correctamente iluminada y un monitor de vídeo. Se puede emplear un receptor de TV en color como monitor de color conjuntamente con las conexiones a un VCR. Conectar la salida de cámara[1] al jack de entrada de vídeo del VCR y utilizar su salida RF en los canales 3 o 4 para el receptor de TV. La máquina VCR está conmutada para la reproducción. Además, se emplea un monitor monocromático de banda ancha que debe tener una trama *infraexplorada* para que se puedan ver los bordes.

Iluminación de la carta de ajuste. La carta de ajuste debe estar iluminada *uniformemente* con lámparas del tipo de estudio para producir por lo menos 150 fc, o 1500 lux, de luz blanca a una temperatura de color de 3200 K. Las lámparas de ioduro de cuarzo o halógenas producen una temperatura constante de color durante toda su vida. Por esta razón son recomendables.

Las lámparas deben ser orientadas hacia la carta de ajuste de tal manera que no haya reflexión directa que produzca "puntos calientes" en la iluminación. Es excelente una simple cámara monocromática para verificar la iluminación uniforme en una cartulina blanca o gris en sustitución de la carta de ajuste.

---

[1] El funcionamiento de las cámaras de vídeo se explica en el capítulo 3.

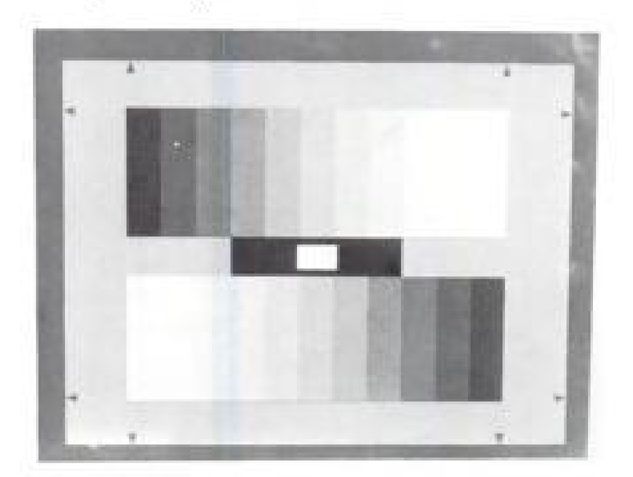


Fig. 16 - 32. Carta de gamma (grado de contraste) neutra utilizada para el ajuste del equilibrio de color.

tiene color; todos los sombreados son de color gris neutro, blanco o negro.

Los ajustes de equilibrio se efectúan primero estableciendo el verde con la amplitud correcta y la corrección de gamma. El rojo y el azul se ajustan para que se adapten al verde en todos los valores desde el negro al blanco.

El indicador de los ajustes es la aparición de la señal subportadora de 3,58 MHz en los escalones de la escala de grises. Cuando los de rojo, verde y azul son iguales, las señales diferencia de color se anulan. Luego se equilibran los moduladores de 3,58 MHz y entonces no hay salida de subportadora. En consecuencia, desaparece la subportadora en la figura de escalera. Este equilibrio se debe mantener en todos los valores desde el negro hasta el blanco de pico. La forma de onda del oscilograma en la figura 16-33 muestra un ejemplo de equilibrio que no es perfecto. Obsérvese la aparición de la subportadora de 3,58 MHz en los escalones.

El efecto no lineal de la corrección de gamma requiere el equilibrio de las sombras intermedias de gris. Por tanto, se ajustan las gammas de rojo y azul para anular la subportadora en los escalones centrales de la figura.

Seguimiento de señal. Se puede utilizar un osciloscopio para observar la señal en casi todos los puntos de la cámara, desde el preamplificador hasta el jack de salida vídeo. Una excepción es la propia unidad de preamplificador de alta ganancia. La sensibilidad del osciloscopio no es suficiente para poder verificar un nivel de señal en la entrada al preamplificador. Además, el preamplificador suele estar encerrado en un compartimento completamente apantallado. Para ver si el preamplificador está trabajando, se toca el conector anular de la placa de imagen con una sonda o la punta metálica de un destornillador. Un preamplificador normal introducirá una imagen de interferencia con una fuerte figura de espiga en el monitor, ya que las señales RF son amplificadas por el preamplificador de alta ganancia.

Ahora muchas cámaras tienen un solo preamplificador de circuito integrado directamente acoplado y entonces la prueba es relativamente sencilla. Se comprueba si la tensión c.c. de salida es correcta. Si no lo es, será porque el preamplificador está defectuoso.

Terminaciones. La salida de la cámara debe estar terminada en 75 Ω para cable coaxial. La tensión vídeo en el jack de salida sin carga terminal será aproximadamente igual al doble de la salida normalizada de 1 V p-p. Por tanto, una señal de 2 V en la salida de la cámara indicará que el cable de salida está terminado en un circuito abierto.

Preguntas de prueba 16-12
Respuestas al final del capítulo

Contestar verdadero o falso.

a. En una cámara de color de un solo tubo, la ausencia de color puede ser debida a un mal enfoque eléctrico.



Fig. 16 - 33. La forma de onda del osciloscopio muestra desequilibrio de color en la forma de señal escalonada de subportadora de 3,58 MHz de la señal modulada. En el equilibrio, la señal de color se anula.



Fig. 16 - 36. Efecto fino de espiga del batido de 4,5 MHz en la imagen, con modulación de frecuencia de la señal de sonido.

modulación de la señal FM de sonido a tensión audio en la salida del detector vídeo aunque el diodo sea un detector de AM. Entonces la frecuencia audio se combina con la de vídeo en el circuito cátodo-rejilla de imagen del tubo de imagen. El resultado son las barras horizontales que se ven en la figura 16-35. Las barras de sonido se pueden reconocer porque varían con la modulación audio y desaparecen cuando no hay voz ni música.

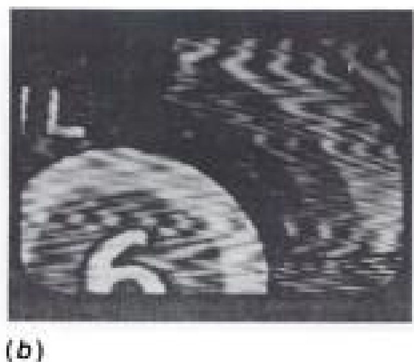
El batido de 4,5 MHz está representado en la figura 16-36. La figura de interferencia tiene aproximadamente 225 pares de líneas blancas y negras con pequeños flecos u ondulaciones como un tejido de espiga. Este efecto es el que se llama imagen de *gusano*. El número de pares de líneas es 4,5 MHz/15.750 Hz = 285 aproximadamente. Las líneas finas están causadas por la señal portadora de 4,5 MHz y las ondulaciones en forma de espiga son resultado de las variaciones de frecuencia en la señal FM de sonido. Cuando no hay ni voz ni música desaparece el efecto de espiga pero permanecen las líneas finas a causa de que están producidas por la portadora de sonido.

Interferencia de RF. Las frecuencias que no están incluidas en la banda de difusión de TV pueden producir interferencia en la imagen debido a los efectos de heterodinaje que causan frecuencias de batido interferentes. Por ejemplo, la interferencia de RF puede batir con el oscilador local en el sintonizador RF para producir diferencias de frecuencia que caen en la banda de paso FI del receptor. Entonces la señal interferente bate con la portadora de imagen en el detector vídeo y produce interferencia en la señal vídeo. Esto causa interferencia en la imagen. Además, los canales adyacentes de teledifusión pueden producir interferencia. También las frecuencias interferentes pueden pertenecer a la banda FI de 40 a 46 MHz.

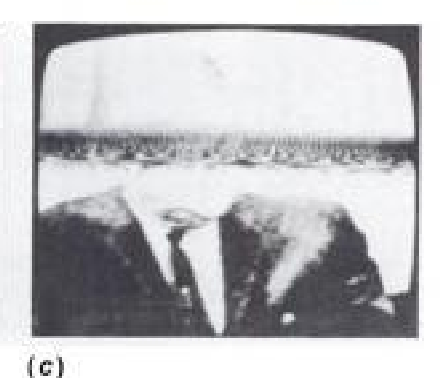
Todos estos ejemplos son señales interferentes externas al receptor. El receptor también puede generar su propia interferencia como armónicos de las señales de vídeo o de sonido detectadas y la corriente de exploración horizontal, que son radiadas hasta los circuitos de señal. Ejemplos típicos de apariciones de interferencia son los representados en la figura 16-37. Las líneas diagonales uniformes en la 16-37*a* están producidas por una onda portadora no modulada (CW). Son de un espesor uniforme porque no tienen modulación. Ordinariamente las barras se desplazan lentamente desde una posición diagonal, a través de la vertical, y hasta la diagonal opuesta cuando



(*a*)



(*b*)



(*c*)

Fig. 16-37. Efectos de interferencia RF. (a) *Barras diagonales uniformes causadas por interferencia de onda continua sin modulación.* (b) *Ondulaciones en forma de espiga causadas por modulación de frecuencia.* (c) *Interferencia de diatermia.*

varía la frecuencia de la onda portadora interferente. Este tipo de interferencia puede estar causado por la radiación del oscilador local de un receptor próximo o de una CW no modulada. El número de barras y sus espesores dependen de la frecuencia de batido producida por la interferencia de CW. Si la frecuencia de batido resultante de la interferencia de RF es menor que 15.750 Hz, se producirán barras horizontales uniformes con un efecto de persiana veneciana.

Una onda portadora de FM interferente produce batidos de interferencia cuya frecuencia varía. Con una frecuencia central suficientemente elevada para producir una figura de interferencia de líneas finas, la modulación de frecuencia añade una ondulación en forma de espiga a las barras verticales o diagonales. Cuando las frecuencias de batido son demasiado bajas para que se formen las líneas diagonales, en lugar de las barras horizontales la interferencia de FM crea un efecto difuminado en toda la imagen. Entonces ésta aparece como si estuviese cubierta con una gasa de seda, como en la figura 16-37*b*.

Las máquinas de diatermia y otros equipos médicos o industriales producen usualmente figuras de interferencia de RF como los ilustrados en la figura 16-37*c*. Puede haber dos bandas oscuras transversalmente en la pantalla en lugar de la representada, y las barras serán más oscuras si la interferencia es más fuerte. Esta figura de interferencia de RF se produce porque el equipo de diatermia es realmente un transmisor. El efecto ondulado está causado por las variaciones de frecuencia. La banda única muestra que hay una intensa componente de 60 Hz en la interferencia; con modulación de 120 Hz habrá dos bandas.

Además de las figuras de barras en la entrada de imagen, los valores de iluminación son alterados por la interferencia de RF de suficiente amplitud. Así una señal interferente muy fuerte puede producir una imagen negativa o bien oscurecer completamente la imagen. La imagen negativa es resultado de la detección en un amplificador de RF o en uno de FI sobrecargados, con la señal vídeo modulando a la portadora de imagen con polaridad inversa.

Preguntas de prueba 16-13
Respuestas al final del capítulo

¿Qué figuras corresponden a los siguientes ejemplo de interferencia?

a. Señal de vídeo en aproximadamente 1800 Hz.
b. Señal de vídeo en aproximadamente 800 kHz.
c. Batido de 4,5 MHz.

RESUMEN

1. Un chasis bajo tensión o activo tiene una fuente de alimentación que no está aislada de la toma de tierra. Se deberá emplear un transformador de aislamiento cuando se localicen averías en el chasis.
2. El método de la figura 16-8 se utiliza para verificar una fuga de c.a. desde partes metálicas expuestas del receptor a tierra.
3. Se utiliza una sonda de alta tensión para medir la tensión anódica en el tubo de imagen.
4. Un osciloscopio de doble traza tiene dos canales verticales del amplificador para visualizar dos formas de onda, una encima de otra (fig. 16-13).
5. Un osciloscopio de barrido retardado tiene dos bases de tiempos horizontales. Pueden ser ampliadas las partes seleccionadas de la imagen exhibida para su observación (fig. 16-14).
6. Un sintonizador sustituto es una unidad separada de RF que puede ser conectada al amplificador FI del receptor de TV.

7. El generador de barras de color NTSC produce las señales primarias *R, G* y *B*; sus colores complementarios; las señales *I* y *Q*; y el nivel de blanco en las amplitudes IRE estándar, además de otras señales de prueba.
8. El generador de señal de arco iris controlado produce barras de color con matices cada 30°, desde el amarillo-verde a la izquierda hasta el azul-verde y el verde a la derecha. Véase lámina de color X. Además, el generador suministra la figura de cuadrícula o barras cruzadas y las figuras de puntos para los ajustes de convergencia de los tubos de imagen en color.
9. Un vectorescopio es un osciloscopio con el cual se pueden visualizar los ángulos de fase de matiz, como muestra la figura 16-22.
10. La ausencia de salida de la fuente principal de alimentación es causa de que un receptor esté inerte, sin trama, imagen ni sonido.
11. La salida débil de c.c. de la fuente de alimentación principal puede ser causa de que aparezca una imagen pequeña, como en la figura 16-24. Un defecto o el mal ajuste del regulador de la fuente de alimentación principal pueden producir esta avería.
12. La baja tensión de alimentación para la exploración depende de la salida horizontal.
13. Para obtener la tensión de c.c. temporalmente de la fuente principal de alimentación para el rectificador de exploración que alimenta al oscilador horizontal se utiliza un condensador de arranque rápido.
14. Para localizar averías en los circuitos de exploración se puede utilizar una fuente de alimentación de sustitución, de 12 a 30 V c.c. y 2 A.
15. Una ondulación de c.a. excesiva en la salida de c.c. de la fuente de alimentación puede producir barras de zumbido y dobleces u ondulaciones en la imagen, como muestra la figura 16-25.
16. La falta de alta tensión en el ánodo del TRC da por resultado ausencia de brillo, trama o imagen. La avería puede estar en el rectificador de AT o en su circuito de entrada de c.a. desde el amplificador horizontal o puede ser debida a un tubo de imagen gasificado. Además un defecto en la salida horizontal puede ser causa de ausencia de sonido. Si la avería es un tubo de imagen gasificado, no habrá alta tensión cuando se desconecte el ánodo.
17. Se utiliza un circuito limitador para suprimir la alta tensión cuando la tensión anódica exceda del límite especificado. La finalidad es evitar la emisión de rayos X. El propio circuito limitador puede ser causa de falta de alta tensión.
18. En el servicio de VCR, se utiliza la cinta de alineación del fabricante para hacer los ajustes.
19. Se utilizan sensores en el VCR para poner la máquina en el modo de parada si se producen perturbaciones en el almacenamiento de la cinta.
20. El VCR tiene circuitos separados para la grabación y la reproducción. Para localizar las averías se prueba cada función.
21. En el servicio de las cámaras de vídeo, se utiliza una instalación de prueba tal como la de la figura 16-31, con una carta de ajuste iluminada y un monitor infraexplorado. El tamaño de la trama y la linealidad de la exploración son críticos.
22. En las cámaras de color de un solo tubo, el enfoque del haz determina la salida de la señal de color.
23. El equilibrio de color de las cámaras se verifica con una carta de gamma neutra monocromática, como muestra la figura 16-32. El equilibrio está indicado por un nulo en la señal de color de 3,58 MHz (fig. 16-33).

PREGUNTAS DE ENSAYO

1. ¿Por qué es una prueba importante la de fuga de c.a.?
2. ¿Cuáles son dos maneras posibles de estar expuestos a un shock eléctrico cuando se trabaja en un chasis de TV?
3. ¿Qué significa chasis "activo" o bajo tensión?
4. Enumerar dos características de cada uno de los VOM, VTVM y DMM.
5. ¿Por qué se llama sonda 10:1 a la sonda de baja capacidad de un osciloscopio?
6. Enumerar los usos de cinco tipos de equipo de prueba.
7. ¿Qué es un vectorescopio?
8. Nombrar tres diferencias entre el generador de barras de color NTSC y el generador del tipo arco iris controlado.
9. Describir brevemente tres maneras de usar un generador de barras y puntos.
10. ¿Cómo se utiliza un sintonizador sustituto?
11. ¿Cómo se utiliza una fuente de alimentación de baja tensión de sustitución? Enunciar los valores nominales típicos.
12. (*a*) ¿Cuál es el valor de R de un voltímetro de c.c. en el margen de 3 V, con una sensibilidad de 20.000 Ω/V? (*b*) ¿Por qué es el mismo el valor de R con cualquier lectura dentro de este margen? (*c*) ¿Por qué es más alto el valor de R en el margen de 10 V?
13. ¿Cuáles son las frecuencias internas de barrido respectivas en las posiciones V y H de un osciloscopio para presentar una traza de dos ciclos de señal?
14. Comparar los siguientes tipos de osciloscopios: doble traza, doble haz y barrido retardado.
15. Describir cómo se podría verificar el margen de un control de tinte en un receptor de TV utilizando la señal de arco iris controlado.
16. ¿Por qué es principalmente magenta el ruido de color o confetti?
17. Enumerar dos posibles causas de receptor inerte, sin imagen ni señal, pero con potencia de entrada c.a.
18. Nombrar dos maneras de verificar el receptor de TV estando enchufado a la red de c.a.
19. Enumerar tres posibles causas de falta de alta tensión en el tubo de imagen.
20. ¿Cuál es el efecto de un tubo de imagen gasificado sobre la alta tensión?
21. ¿Cuál es la finalidad del circuito limitador de alta tensión?
22. ¿Cuál es la función de un condensador de "arranque rápido"?
23. Nombrar una causa posible de (*a*) trama demasiado pequeña, (*b*) trama demasiado grande.
24. ¿Qué significa *florescencia* en la imagen?
25. Enumerar tres resultados de excesiva ondulación de c.a. de la fuente de alimentación de c.c.
26. ¿Cuál es la finalidad de un condensador de desacoplo de RF en paralelo con un rectificador diodo de silicio?
27. ¿Por qué no es posible verificar los rectificadores de alta tensión con un óhmetro?
28. ¿Cuáles son dos tipos de circuito de rectificador utilizados para la fuente principal de alimentación del receptor de TV?
29. ¿Cuál es la finalidad de un regulador de tensión?
30. Enumerar tres funciones de las tensiones c.c. de salida que utilizan la entrada de c.a. desde el circuito de deflexión horizontal.

31. Describir tres maneras por las que puede ser disparada la parada automática en un VCR.
32. Enumerar tres usos de la cinta de alineación del fabricante para un VCR.
33. Describir brevemente cómo se ajusta el equilibrio de color de una cámara de color en un solo tubo.
34. Comparar los efectos de interferencia en la imagen de (*a*) una onda portadora no modulada RF y señal audio, (*b*) AM y FM.
35. ¿Cuáles son las causas de que se produzcan figuras de interferencia de batido de 4,5 MHz y 920 kHz?

PREGUNTAS ESPECIALES

1. Comparar dos tipos de osciloscopio. ¿Qué tipo se utilizará para el servicio de TV y para el de vídeo?
2. Explicar dos razones por las que se prefiere utilizar un VOM, un VTVM o un DMM para el servicio.
3. Nombrar cinco tipos de equipo de prueba para el servicio y enumerar sus usos.

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE PRUEBA

16-1 **a.** V (verdadero) **b.** F (falso) **c.** V

16-2 **a.** 0,5 mA **b.** 0,75 V

16-3 **a.** DMM **b.** Disminuya **c.** 990 MΩ

16-4 **a.** F **b.** V **c.** F **d.** V **e.** V

16-5 **a.** V **b.** F **c.** V

16-6 **a.** ±30° **b.** Figura 16-20*b* **c.** $-(B - Y)$ **d.** Sexta

16-7 **a.** V **b.** V **c.** F **d.** V

16-8 **a.** V **b.** V **c.** F

16-9 **a.** Aumentará **b.** Baja **c.** Mala regulación de AT **d.** Antes **e.** Oscilador horizontal

16-10 **a.** V **b.** V **c.** V

16-11 **a.** F **b.** V **c.** V **d.** V

16-12 **a.** V **b.** F **c.** V **d.** F

16-13 **a.** Figura 16-34*a* **b.** Figura 16-34*b* **c.** Figura 16-36

APÉNDICE 

Frecuencias de los canales de difusión de televisión

Los canales 2 a 83 están indicados en la tabla A-1. El canal 1 era el de difusión en 44 a 50 MHz, pero estas frecuencias han sido asignadas a los servicios móviles de tierra de radio.

Los canales 2 a 6 son los VHF de banda baja. Los canales 7 a 13 son los VHF de banda alta. Los 14 a 83 son los canales UHF. Los canales 70 a 83 de UHF pueden estar reservados para servicios especiales.

TABLA A-1
CANALES DE TELEDIFUSIÓN

NÚMERO DEL CANAL	BANDA DE FRECUENCIA, MHz	FRECUENCIA PORTADORA DE IMAGEN, MHz	FRECUENCIA PORTADORA DE SONIDO, MHz	NÚMERO DEL CANAL	BANDA DE FRECUENCIA, MHz	FRECUENCIA PORTADORA DE IMAGEN, MHz	FRECUENCIA PORTADORA DE SONIDO, MHz
2	54-60	55,25	59,75	37	608-614	609,25	613,75
3	60-66	61,25	65,75	38	614-620	615,25	619,75
4	66-72	67,25	71,75	39	620-626	621,25	625,75
5	76-82	77,25	81,75	40	626-632	627,25	631,75
6	82-88	83,25	87,75	41	632-638	633,25	637,75
7	174-180	175,25	179,75	42	638-644	639,25	643,75
8	180-186	181,25	185,75	43	644-650	645,25	649,75
9	186-192	187,25	191,75	44	650-656	651,25	655,75
10	192-198	193,25	197,75	45	656-662	657,25	661,75
11	198-204	199,25	203,75	46	662-668	663,25	667,75
12	204-210	205,25	209,75	47	668-674	669,25	673,75
13	210-216	211,25	215,75	48	674-680	675,25	679,75
14	470-476	471,25	475,75	49	680-686	681,25	685,75
15	476-482	477,25	481,75	50	686-692	687,25	691,75
16	482-488	483,25	487,75	51	692-698	693,25	697,75
17	488-494	489,25	493,75	52	698-704	699,25	703,75
18	494-500	495,25	499,75	53	704-710	705,25	709,75
19	500-506	501,25	505,75	54	710-716	711,25	715,75
20	506-512	507,25	511,75	55	716-722	717,25	721,75
21	512-518	513,25	517,75	56	722-728	723,25	727,75
22	518-524	519,25	523,75	57	728-734	729,25	733,75
23	524-530	525,25	529,75	58	734-740	735,25	739,75
24	530-536	531,25	535,75	59	740-746	741,25	745,75
25	536-542	537,25	541,75	60	746-752	747,25	751,75
26	542-548	543,25	547,75	61	752-758	753,25	757,75
27	548-554	549,25	553,75	62	758-764	759,25	763,75
28	554-560	555,25	559,75	63	764-770	765,25	769,75
29	560-566	561,25	565,75	64	770-776	771,25	775,75
30	566-572	567,25	571,75	65	776-782	777,25	781,75
31	572-578	573,25	577,75	66	782-788	783,25	787,75
32	578-584	579,25	583,75	67	788-794	789,25	793,75
33	584-590	585,25	589,75	68	794-800	795,25	799,75
34	590-596	591,25	595,75	69	800-806	801,25	805,75
35	596-602	597,25	601,75	70	806-812	807,25	811,75
36	602-608	603,25	607,75	71	812-818	813,25	817,75

TABLA A-1 (Continuación)

NÚMERO DEL CANAL	BANDA DE FRECUENCIA, MHz	FRECUENCIA PORTADORA DE IMAGEN, MHz	FRECUENCIA PORTADORA DE SONIDO, MHz	NÚMERO DEL CANAL	BANDA DE FRECUENCIA, MHz	FRECUENCIA PORTADORA DE IMAGEN, MHz	FRECUENCIA PORTADORA DE SONIDO, MHz
72	818-824	819,25	823,75	78	854-860	855,25	859,75
73	824-830	825,25	829,75	79	860-866	861,25	865,75
74	830-836	831,25	835,75	80	866-872	867,25	871,75
75	836-842	837,25	841,75	81	872-878	873,25	877,75
76	842-848	843,25	847,75	82	878-884	879,25	883,75
77	848-854	849,25	853,75	83	884-890	885,25	889,75

APÉNDICE **B**

Canales de televisión por cable

A los canales de difusión de TV del apéndice A hay que añadir los canales de TV por cable de las tablas B-1 y B-2. Las frecuencias del canal por cable de banda media están comprendidas entre las de los canales 6 y 7. Las frecuencias del canal superbanda por cable son superiores a las del canal 13.

TABLA B-1
CANALES DE TV POR CABLE

DESIGNACIÓN CON LETRA	NÚMERO	PORTADORA DE VÍDEO, MHz
Canales de banda media		
A	14	121,25
B	15	127,25
C	16	133,25
D	17	139,25
E	18	145,25
F	19	151,25
G	20	157,25
H	21	163,25
I	22	169,25
Canales de superbanda		
J	23	217,25
K	24	223,25
L	25	229,25
M	26	235,25
N	27	241,25
O	28	247,25
P	29	253,25
Q	30	259,25
R	31	265,25
S	32	271,25
T	33	277,25
U	34	283,25
V	35	289,25
W	36	295,25
X	37	301,25
Y	38	307,25
Z	39	313,25

NÚMERO	PORTADORA DE VÍDEO, MHz
Canales de superbanda sin letras	
40	319,25
41	325,25
42	331,25
43	337,25
44	343,25
45	349,25
46	355,25
47	361,25
48	367,25
49	373,25
50	379,25
51	385,25
52	391,25
53	397,25
Asignaciones adicionales de banda media	
54	89,25
55	95,25
56	101,25
57	107,25
58	97,25
59	103,25
Números de canal nominal para utilizarlos con convertidores digitales de lectura	
A-2 o 00	109,25
A-1 o 01	115,25

TABLA B-2

PORTADORAS ARMÓNICAS RELACIONADAS PARA LOS CANALES DE TV POR CABLE

NÚMERO DEL CANAL	PORTADORA DE VÍDEO, MHz	NÚMERO DEL CANAL	PORTADORA DE VÍDEO, MHz
00	108,00	30	258,00
01	114,00	31	264,00
02	54,00	32	270,00
03	60,00	33	276,00
04	66,00	34	282,00
05	78,00	35	288,00
06	84,00	36	294,00
07	174,00	37	300,00
08	180,00	38	306,00
09	186,00	39	312,00
10	192,00	40	318,00
11	198,00	41	324,00
12	204,00	42	330,00
13	210,00	43	336,00
14	120,00	44	342,00
15	126,00	45	348,00
16	132,00	46	354,00
17	138,00	47	360,00
18	144,00	48	366,00
19	150,00	49	372,00
20	156,00	50	378,00
21	162,00	51	384,00
22	168,00	52	390,00
23	216,00	53	396,00
24	222,00	54	72
25	228,00	55	90
26	234,00	56	96
27	240,00	57	102
28	246,00	58	402
29	252,00	59	408

Bandas de radiofrecuencia

Los grupos principales de las frecuencias de radio y sus longitudes de onda son los siguientes:

VLF = Frecuencias muy bajas, 3 a 30 kHz; longitudes de onda 100 a 100 km.
LF = Frecuencias bajas, 30 a 300 kHz; longitudes de onda 10 a 1 km.
MF = Frecuencias medias, 0,3 a 3 MHz; longitudes de onda 1000 a 100 m.
HF = Frecuencias altas, 3 a 30 MHz; longitudes de onda 100 a 10 m.
VHF = Frecuencias muy altas, 30 a 300 MHz; longitudes de onda 10 a 1 m.
UHF = Frecuencias ultraaltas, 300 a 3000 MHz; longitudes de onda 1000 a 100 mm.
SHF = Frecuencias superaltas, 3 a 30 GHz; longitudes de onda 100 a 10 mm.
EHF = Frecuencias extraaltas, 30 a 300 GHz; longitudes de onda 10 a 1 mm.

Las longitudes de onda son más cortas para las frecuencias más altas. 1 GHz = 1×10^9 Hz = = 1000 MHz.

Las microondas tienen longitudes de onda de 1 m hasta 1 mm (300 GHz). El espectro de los rayos de la luz comienza en las frecuencias de 300 GHz ascendiendo y la radiación de infrarrojos tiene longitudes de onda desde 1mm hasta 10 μm.

Servicios de radio e interferencia de televisión

Los principales servicios que pueden ser causa de interferencia en los receptores de televisión están en la lista siguiente. La interferencia se produce generalmente en frecuencias armónicas o en frecuencias imagen. Todas las frecuencias están expresadas en megahercios.

Radio de aficionado. Estas bandas incluyen 1,8 a 2, 3,5 a 4, 7 a 7,3, 14 a 14,25, 21 a 21,45, 28 a 29,7, 50 a 54, 144 a 148, 220 a 225, 420 a 450.

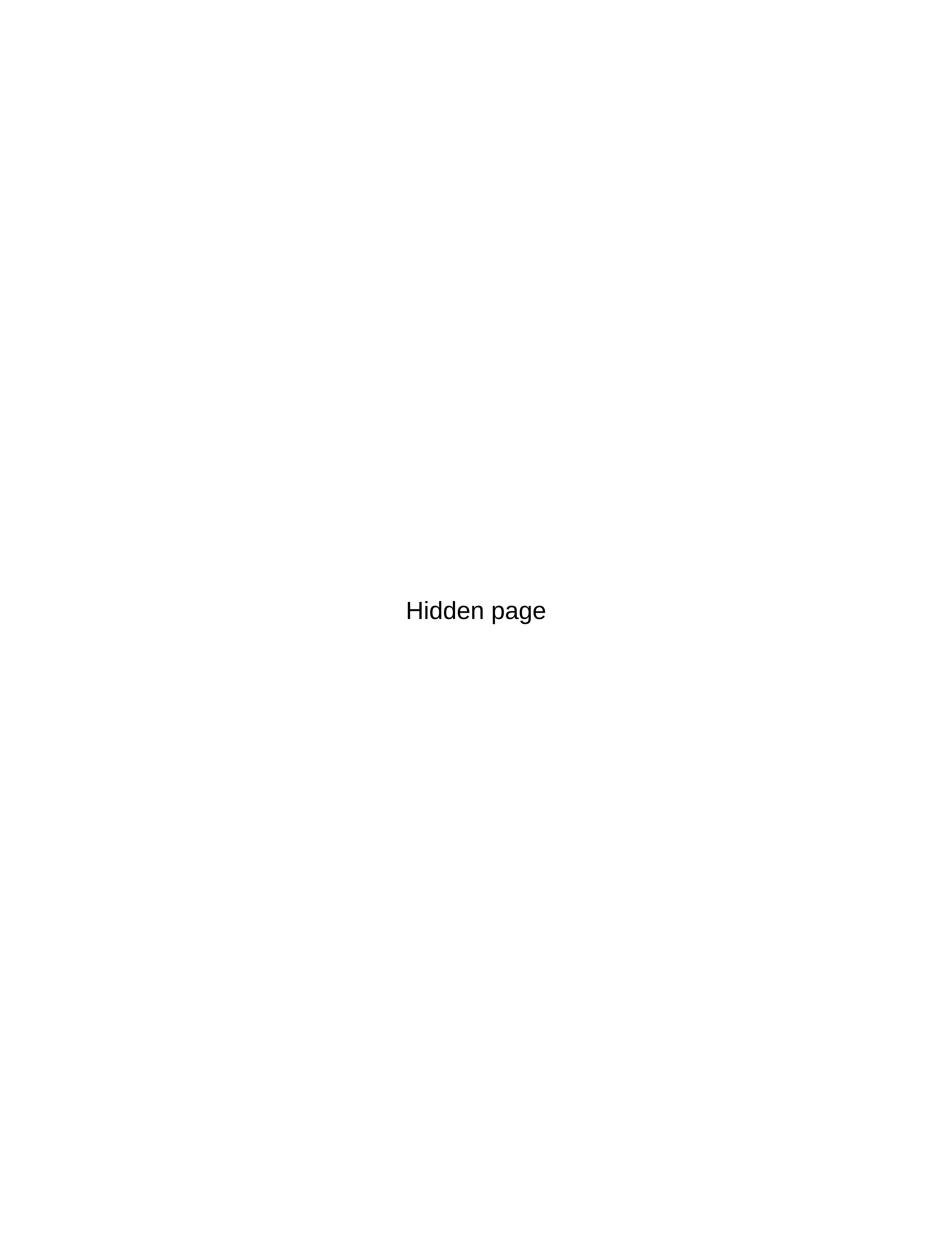
Industriales, científicas y médicas. Esta banda es de 13,36 a 14, con el equipo de diatermia en 13,56. Las frecuencias antiguas eran de 27,12 y 40,66 a 40,70.

Banda ciudadana (CB). Esta banda incluye los canales 1 a 40 en la banda de 26,965 a 27,405 MHz para servicio de clase D.

Radiodifusión de FM. Esta banda es de 88 a 108, con 100 canales espaciados 0,2 MHz.

Seguridad pública (policía, incendios, etc.). Estas frecuencias son aproximadamente 33, 37, 39, 42, 44, 154, 156 y 158.

Indice alfabético


Hidden page

El principal objetivo de la tercera edición de esta obra es constituir un curso de televisión y sistemas de video basándose en el estudio de los principios de funcionamiento y de servicio.

Dado que la técnica electrónica ha derivado hacia una masiva utilización de circuitos integrados que realizan funciones especificas, se tratan con mayor énfasis estas funciones a través del estudio y análisis de los diagramas de bloques, aunque sin prescindir de los esquemas de circuito allí donde se cree necesario que sean tratados.

La organización del texto se ha realizado con un gran sentido didáctico, incluyendo cada capítulo una breve introducción en la que se destacan los principales apartados. Después de cada sección encontramos cuestionarios de prueba de repaso. También se incluyen al final del capítulo resúmenes de lo más destacado del mismo, así como preguntas y problemas de autoexamen.

Convenientemente estructurados, se encuentran los siguientes temas:

Cámaras, tubos de imagen, señales de video, transmisión de las señales de imagen y de sonido, circuitos de señal, de trama y de sincronismo para receptores de televisión monocromáticos y de color, características especiales de los receptores de TV en color, televisión por cable, generadores de señal de prueba, osciloscopios, métodos prácticos de localización de averías en videocassettes, ajuste de videocámaras.


ISBN 84-267-0781-5
9 788426 707819